ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/279449947

تكنولوجيا النانو في مجال المعلومات والاتصالات: الفرص والتحديات

Article · October 2012

CITATIONS
0

READS
5,635

1 author:

Dr.Rehab Yousef
Beni Suef University
22 PUBLICATIONS **0** CITATIONS

SEE PROFILE

All content following this page was uploaded by Dr.Rehab Yousef on 15 July 2018.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

اعلم

مجلة علمية محكمة يصدرها الاتحاد العربي للمكتبات والمعلومات
بالتعاون مع مكتبة الملك عبدالعزيز العامة بالرياض

العدد الحادي عشر

ذو القعدة 1433 هـ الموافق أكتوبر 2012 م

اعلم

العدد الحادي عشر - ذو القعدة 1433 هـ الموافق أكتوبر 2012 م
Issue 11 - Thu-al-Qa'dah 1433 H / Oct. 2012

lalam

تكنولوجيا النانو في مجال المعلومات والاتصالات: الفرص والتحديات

د. رحاب فايز أحمد سيد
دكتوراه في الآداب
مدرس تكنولوجيا المعلومات
قسم المكتبات والوثائق كلية الآداب جامعة بني سويف
rehab_ysf@yahoo.com

المستخلص:

تعد تكنولوجيا النانو ثورة علمية هائلة لا تقل عن الثورة الصناعية التي نقلت الإنسان إلى عصر الآلات أو ثورة التكنولوجيا التي نقلت الإنسان إلى عصر الفضاء والاتصالات والإنترنت، وتطور شامل في مختلف المجالات وكل فروع العلوم، فما تقدمه تكنولوجيا النانو هو القدرة على صنع كل ما يتخيله الإنسان بكلفة أقل وجودة أعلى وهذه القدرة ستكون مفتاح التقدم العلمي الذي سيغير معالم الحياة على نحو قد لا يستطيع الإنسان تصور كل أبعاده اليوم، وفي ذلك يقول أحد العلماء إن ما سننتجه ونكتشفه باستخدام هذه التكنولوجيا في السنوات القليلة القادمة سوف يعادل بل سيتجاوز ما تم اكتشافه منذ أن خلقت الأرض.

تكنولوجيا النانو هي الجيل الخامس الذي ظهر في عالم الإلكترونيات وقد سبقه أولاً الجيل الأول الذي استخدم المصباح الإلكتروني بما فيه التلفزيون، والجيل الثاني الذي استخدم جهاز الترانزيستور، ثم الجيل الثالث من الإلكترونيات الذي استخدام الدوائر المتكاملة؛ وجاء الجيل الرابع باستخدام المعالجات الصغيرة الذي أحدث ثورة هائلة في مجال الإلكترونيات بإنتاج الحاسبات الشخصية والرقائق السيليكونية التي أحدثت تقدما في العديد من المجالات العلمية والصناعية.

اعلم: العدد 11
ذو القعدة 1433هـ - أكتوبر 2012م

0 / 1 تمهيد

أُشتق اسم تكنولوجيا النانو أو التكنولوجيا متناهية الصغر أو هندسة المنتجات المتناهية الصغر من اسم النانو متر كوحدة قياس تساوي واحد من المليار من المتر؛ أي جزء من ألف مليون جزء من المتر، وللتقريب فهي مسافة أرفع بثمانين مرة من قطر شعرة الإنسان وكلمة نانو مشتقة في الأصل من الكلمة الإغريقية نانوس التي تعني القزم الصغير. فتكنولوجيا النانو أو تقنيات النانو هي تكنولوجيا حديثة قد يعرفها بعض الناس وقد يجهلها البعض الأخر وهي مجموعة من الأدوات والتقنيات والتطبيقات التي تتعلق بتصنيع بنية معينة وتركيبها باستخدام مقاييس في غاية الصغر.

لهذه التكنولوجيا العديد من التطبيقات من أبرزها مجال تكنولوجيا المعلومات فشركة IBM قد أنتجت مجهر لتصوير الذرات وتسجيلها باستخدام رؤوس أقراص صلبة على مستوى النانو، كما أن هناك حلم استبدال الكهرباء بالضوء من خلال إبطاء وتخزين ومعالجة الضوء والذي سيؤدي إلى تطورات جذرية في مجال أداء الحاسب الآلي وكل الأجهزة الإلكترونية الأخرى بما سيمكن من إنتاج أجهزة صغيرة جدا وزهيدة الثمن وسيظهر ما يمكن أن يسمى بالحاسب الإلكتروني الضوئي. لذا يجب نشر ثقافة تكنولوجيا النانو في الأوساط العلمية والتعلمية والتعريف بأهميتها وخصائصها ومزاياها في مجالات العلوم المختلفة.

0 /2 مشكلة الدراسة

يظهر مع كل تكنولوجيا حديثة مؤيدون ومعارضون لها، وقد يكون هناك محايدون لا يدرون ماهية هذه التكنولوجيا لإمكانية الحكم عليها بالتأييد أو المعارضة، وتكنولوجيا النانو من الموضوعات الحديثة في كافة التخصصات العلمية وبالأخص في مجال المعلومات والاتصالات فلا يزال حقل الدراسة في حاجة إلى العديد من الدراسات للتعريف بهذه التكنولوجيا ومزاياها وعيوبها وتطبيقاتها المختلفة، وتسعى هذه الدراسة لتحليل الفرص والتحديات التي تنجم عن استخدام تكنولوجيا النانو في مجال تكنولوجيا المعلومات والاتصالات والتي يمكن تطبيقها على كافة المجالات العلمية الأخرى.

0 /3 أهمية الدراسة ومبرراتها

تنبع أهمية الدراسة من أهمية تكنولوجيا النانو في التطبيقات المختلفة وخاصة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات والتي يمكن حصر بعضها فيما يلي:

1. اهتمام الجامعات ومراكز الأبحاث والشركات حول العالم بهذه التكنولوجيا الحديثة والعمل على تطويرها.
2. تعد تكنولوجيا النانو هي ثورة القرن الحادي والعشرين، وسيضم هذا العلم جميع أنواع العلوم باحتمالات ونتائج لا يمكن التنبؤ بها.
3. تتغير خصائص هذه التكنولوجيا عندما تصل لمقياس النانو أو أقل، ومن ثم ستؤدي لتصغير الأجهزة وتقليل سعرها وتوفير طاقة التشغيل.

0 /4 أهداف الدراسة

هدفت هذه الدراسة إلى تحليل الفرص التي تتيحها تكنولوجيا النانو لتخصص المعلومات والاتصالات، وكذلك تحليل التحديات التي يواجهها في محاولة للوصول لحلول لها، وذلك من خلال تحقيق الأهداف الآتية:

1. التعريف بالنانو والفرق بين مصطلح النانو وتكنولوجيا النانو ومقياس النانو وعلم النانو وغيرها من المصطلحات المتعلقة بتكنولوجيا النانو.
2. دراسة تاريخ تكنولوجيا النانو وتطورها منذ بداياتها وحتى الآن.
3. التعرف على الأشكال المختلفة للمواد النانوية وأدواتها.
4. دراسة التطبيقات المختلفة لتكنولوجيا النانو في العلوم المختلفة، وكذلك التعرف على التوقعات المستقبلية في هذه التطبيقات.
5. تحليل الفرص المتاحة لتخصص تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وكذلك التحديات التي تواجهها في محاولة للوصول إلى حلول لها.

0 /5 تساؤلات الدراسة

تسعى هذه الدراسة للإجابة على هذه التساؤلات:

1. ما المقصود بالنانو وتكنولوجيا النانو وعلم النانو وغيرها من المصطلحات المتعلقة بالنانو؟
2. إلى أي فترة تاريخية تعود بدايات تكنولوجيا النانو؟
3. ما الأشكال المتنوعة للمواد النانوية التي تدخل في الصناعات المختلفة؟
4. ما الأجهزة المختلفة التي يمكن استخدامها في تطبيقات تكنولوجيا النانو؟
5. ما التطبيقات المختلفة التي يمكنها الاستفادة من تكنولوجيا النانو؟
6. ما الفرص المتاحة لتطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال تكنولوجيا المعلومات والاتصالات؟
7. ما التحديات التي تواجه تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال تكنولوجيا المعلومات والاتصالات؟

0 /6 حدود الدراسة

0 /6 /1 الحدود الموضوعية: تركز الدراسة على تحليل فرص تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وتحدياتها.

0 /6 /2 الحدود الزمنية: تتناول الدراسة تكنولوجيا النانو منذ ظهورها وحتى أبريل عام 2012م.

0 /6 /3 الحدود المكانية: لا تتركز الدراسة على منطقة جغرافية محددة.

0 /6 /4 الحدود النوعية: تركز الدراسة على فرص وتحديات تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال تكنولوجيا المعلومات والاتصالات.

0 /6/5 الحدود اللغوية: تركز الدراسة على الإنتاج الفكري المتاح باللغتين العربية والإنجليزية.

0 /7 منهج الدراسة، وأدواتها

اتبعت الدراسة منهجين:

1. المنهج التاريخي لوصف وتسجيل الأحداث التي مرت بها تكنولوجيا النانو مع تفسير لها، للتوصل إلى حقائق وتعميمات تساعدنا في وضع حلول للتحديات المواجهة لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات.
2. المنهج التحليلي الوصفي لدراسة وتحليل فرص تطبيقات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وتحدياتها.

وتم اتباع المنهجية الآتية في إعداد الدراسة:

أولاً: التعريف بماهية تكنولوجيا النانو من ناحية تعريفاتها المختلفة، وتاريخها وتطورها، وأشكال المواد النانوية، والأجهزة المستخدمة.

ثانياً: دراسة التطبيقات الحالية والمحتملة لتكنولوجيا النانو في التخصصات المختلفة.

ثالثاً: دراسة وتحليل الفرص المتاحة لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات من خلال تكنولوجيا النانو وتحدياتها المختلفة.

0 /7/ 1 أدوات جمع البيانات

اعتمدت الدراسة على أداة البحث الوثائقي ومصادر المعلومات الرقمية سواء كانت قواعد بيانات أو دوريات إلكترونية أو كتب إلكترونية على شبكة الإنترنت، حيث تم استقراء أدبيات الإنتاج الفكري العالمي حول تكنولوجيا النانو، وتطبيقات تكنولوجيا النانو في التخصصات المختلفة مع التركيز على تخصص تكنولوجيا المعلومات والاتصالات وذلك للإجابة عن تساؤلات الدراسة المطروحة.

0 /8 الدراسات السابقة والمثيلة

0 /8/ 1 الدراسات السابقة

تم البحث في قواعد البيانات العالمية بمصطلح nano technology مع ضرورة توافره بالعنوان، وتم التوصل إلى أن تتضمن قاعدة بيانات بروكيست= proquest (15) رسالة علمية تتناول تكنولوجيا النانو في مختلف التخصصات، ووجد (6) دراسات علمية بقاعدة بيانات إميرالد = Emerald، في حين لا توجد أي دراسات تتعلق بالموضوع في قاعدة بيانات Sage، أما قاعدة بيانات ScienceDirect فتحتوى على (578) مقالة منها (50) مقالة في تخصص علم الحاسب الآلي، ومن هذه الدراسات الدراستين التاليتين:

(1) Hasebe, S. (2003). Design And Operation Of Micro-Chemical Plants - Bridging The Gap Between Nano, Micro And Macro Technologies.- **Computer Aided Chemical Engineering, 15: pp. 89-100**
http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1570794603805308

تهدف هذه الدراسة إلى معالجة مشاكل تصميم وتشغيل النباتات الكيمائية الدقيقة المستخدمة في الانتاج، من حيث تصنيف مشاكل تصميم النباتات الكيمائية الدقيقة إلى مشكلتين فرعيتين: تصميم عمليات الوحدة الدقيقة، وتصميم النباتات الدقيقة بأكملها؛ ثم يتم شرح ملامح النظم الدقيقة لكل مشكلة فرعية، والتي يجب حلها بواسطه مهندسي نظم العملية، ومن ثم يتم تلخيص ملامح مشاكل الأجهزة والتحكم للنباتات الكيمائية الدقيقة.

(2) Andersen, P. (2005) Technology Foresight On Danish Nano-Science And Nano-Technology.- foresight,7 (6): pp.64 – 78.- Available at: http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?issn=1463-6689&volume=7&issue=6&articleid=1529611&show=html

تهدف هذه الدراسة لتقرير مشروع مستقبل علم النانو وتكنولوجيا النانو الذي تم تنفيذه عام 2004م، كما تعكس الدراسة القضايا المنهجية الآتية: تصنيف النطاق وتأثيره على النتائج؛ واستخدام الفروض أو البيانات؛ مصداقية عملية استشراف المستقبل وتوصياتها.

2/ 8/ 0 الدراسات المثيلة

(1) طلال ناظم الزهيري. (2010) النانوتكنولوجي: أفاق مستقبلية لبناء المكتبات الرقمية على الهاتف المحمول.- **المجلة العراقية لتكنولوجيا المعلومات**، مج3، ع1.- متاح في:
http://drtazzuhairi.blogspot.com/2011/12/v-behaviorurldefaultvmlo.html

تهدف هذه الدراسة إلى: دراسة مجال النانوتكنولوجي، بوصفه تقنية المستقبل والتعرف على الإنجازات المهمة التي تحققت فيه، خاصة تلك التي لها علاقة مباشرة بتقنيات خزن ومعالجة واسترجاع المعلومات، وإمكانية الإفادة منها في تطوير أجهزة الهواتف المحمولة، للدرجة التي يمكن معها استخدام هذه الأجهزة في مجال العمل المكتبي، لتقديم خدمات معلومات مستحدثة وإتاحة المكتبات الرقمية من خلالها . ومن أهم النتائج التي توصلت لها هذه الدراسة:
الفوائد التي يمكن تحقيقها للمكتبة في حال تقديمها الخدمات المرتبطة بأجهزة الهاتف المحمول من وجهة نظر البحث:

1. الفوائد المادية: يمكن تحقيق مردود مادي إضافي للمكتبة في حال تقديمها لهذه الخدمات مقابل كلف مادية في حدود معقولة تتناسب مع إمكانية المستفيدين.
2. تفعيل دور المكتبة في برامج التعليم الإلكتروني بما يضمن الحصول على دعم المؤسسة التعليمية.
3. زيادة ارتباط المستفيدين بالمكتبة لحاجتهم الماسة إلى هكذا نوع من الخدمات فضلا عن الحاجة المستمرة لتحديث المعلومات.
4. تخفيف الضغط عن العاملين في المكتبة وتقليل الاستخدام المكثف لأجهزتها وبالتالي استثمار جهود العاملين في تقديم أنشطة أخرى، فضل عن تقليل كلف صيانة الأجهزة والبرمجيات.

(2) أماني الرمادي. (2011) تدريس تكنولوجيا النانو في أقسام المكتبات والمعلومات العربية : دراسة تخطيطية.- **المدونة الرسمية لقسم المكتبات والمعلومات** - جامعة الإسكندرية.- متاح في:

http://alexlisdept.blogspot.com/2011/11/blog-post_17.html

وتهدف هذه الدراسة إلى تصميم مقرر دراسي يتم تدريسه في أقسام المكتبات والمعلومات العربية حول أسس تكنولوجيا النانو وتطبيقاتها في مجال المكتبات والمعلومات، ومن ثم فإن هذه الدراسة تسعى إلى تحقيق ما يلي:

1. التعريف بعلم وتكنولوجيا النانو، من حيث: النشأ ة والتطور والأنواع والميزات والمخاطر، وأبرز الصناعات الناتجة عنهما، والوضع الراهن لتدريسهما والبحث حولهما في الدول النامية.
2. التعريف بتطبيقات تكنولوجيا النانو التي يمكن الإفادة منها في مجال المكتبات والمعلومات
3. التعريف بالفرص المتاحة، وكذلك التحديات المتوقع مواجهتها عند تدريس مقرر "تكنولوجيا النانو وتطبيقاتها في مجال المكتبات والمعلومات" في أقسام المكتبات والمعلومات في الوطن العربي.

4. وضع تصميم لهذا المقرر يشتمل على أهدافه ورؤيته والنتائج التعليمية المتوقعة، ووحداته، وطرق التعليم والتعلم، والوسائل التعليمية.

هذا وتختلف الدراسة الحالية عن الدراستين السابقتين في تحليل فرص تكنولوجيا النانو في مجال تكنولوجيا المعلومات والاتصالات والتحديات المتعلقة بها في محاولة للوصول إلى حلول لها، وتعد بذلك هذه الدراسة استكمالا للدراستين السابقتين وإضافة علمية لهما.

المبحث الأول:

ماهية تكنولوجيا النانو: تعريفها، تاريخها وتطورها، أشكالها

1 /0 تمهيد

قبل ظهور النانو كانت تكنولوجيا الميكرو هي المستخدمة في الأنظمة التكنولوجية، مثل الشرائح الإلكترونية، حيث تتراوح أحجامها في المدى من الميكرو متر إلى الميليمتر، والميكرو متر هو مقياس طولي يساوي جزء من المليون من المتر أو يقابل عُشر حجم قطرة من الرذاذ أو الضباب. ويستخدم الميكرو متر لقياس الأطوال الموجية للأشعة تحت الحمراء، ومن الأنظمة الميكروية المعروفة الأنظمة الكهروميكانيكية الميكروية=Micro-ElectroMechanical Systems (MEMS)، ويتم تصنيع هذه الأنظمة بواسطة تقنيات مختلفة، مثل: تصنيع شرائح السيلكون المستخدمة في الإلكترونيات، الكحت الرطب والجاف، وآلات التفريغ الكهربي، وقد استخدمت الأجهزة الميكروية في عدد كبير من الصناعات، مثل: طابعات الحبر النفاثة، مجسَّات الضغط لقياس ضغط الهواء في إطارات السيارات وقياس ضغط الدم، القافلات الضوئية المستخدمة في الاتصالات وإرسال المعلومات.

ومن المواد المستخدمة في تصنيع الأجهزة الميكروية مادة السيلكون حيث تعتبر العصب الرئيسي لصناعة الدوائر الإلكترونية المتكاملة، هذه المادة تعطي عمرا طويلا للأجهزة وتعمل لمدة تتجاوز البليون والترليون دوره بدون عطل، ويمكن كذلك استخدام البوليمرات لتصنيع الأجهزة الميكروية، حيث يمكن تصنيعها بأحجام كبيرة وذات خصائص مختلفة. وأخيرا تستخدم الفلزات في تصنيع الأجهزة الميكروية حيث تعطي درجة عالية من الاعتمادية، ومن الأمثلة على الفلزات المستخدمة الذهب، النيكل، الألمنيوم، الكروميوم والفضة.[1]

وتأتي تكنولوجيا النانو لتحل بديلا عن تكنولوجيا الميكرو حيث يمكن تصنيع الأجهزة الكهرو ميكانيكية والإلكترونية النانوية، وتقليل حجم جميع تلك الأجهزة المستخدمة بمقدار ألف مرة عن حجم أجهزة الميكرو، مما يؤدي إلى تغيير أداء تلك الأجهزة إلى الأفضل، وتبشر هذه التكنولوجيا الواعدة بقفزة هائلة في جميع فروع العلوم والهندسة، ويرى المتفائلون أنها ستلقي بظلالها على كافة مجالات الطب الحديث، والاقتصاد العالمي، والعلاقات الدولية، وحتى الحياة اليومية للفرد العادي؛ حيث أنها ستتيح إمكانية صنع أي شيء نتخيله وذلك عن طريق صف جزيئات المادة إلى جانب بعضها البعض بشكل لا نتخيله وبأقل تكلفة محتملة، فلنتخيل حاسبات آلية خارقة الأداء يمكن وضعها على رؤوس

الأقلام والدبابيس، ولنتخيل أسطولا من الروبوتات النانوية الطبية والتي يمكن لنا حقنها في الدم أو ابتلاعها لتعالج الجلطات الدموية والأورام والأمراض المستعصية، ومن ثم تتناول الدراسة فيما يلي تعريف تكنولوجيا النانو وبداياتها وتطورها وأشكالها ومن ثم الأجهزة التي تستخدم في تطبيقات هذه التكنولوجيا:

1/1 تعريف تكنولوجيا النانو

مصطلح "نانو" مشتق من الكلمة الإغريقية (Midget) والتي تعني دقيق أو صغير أو قزم، وعليه يمكن تعريف هذه التكنولوجيا متناهية الصغر على أنها وحدة قياس دقيقة ومتناهية الصغر لبادئات العديد من القياسات المختلفة للخلايا الحية، والمركبات الكيميائية، والقياسات الفيزيائية والإشعاعية، والمنتجات التجارية والطبية والزراعية والحيوية والكهربائية، وفي مجالات الحاسوب والصناعات العسكرية والسلمية المختلفة؛ فعلى سبيل المثال: فإن أطول الطرق تقاس بالكيلومترات، ويقاس ارتفاع الطائرة بألاف الكيلومترات، كما أن الأقمشة والورق والسجاد وقطع الخشب تقاس بالأمتار، في حين تقاس أوراق الأشجار والمصاحف والكتب الصغيرة بالسنتيمترات، وتقاس مختلف أنواع السوائل والماء والحليب بالليترات، ويوزن الحديد والإسمنت والحصى بالطن، كما أن خلايا الكائنات الحية الدقيقة= Microorganisms، مثل: البكتيريا والفيروسات وبعض الفطريات والطحالب والأوليات وشريط الحامض النووي تقاس بالميكرون= Micron والنانو ميكرون= Nanomicron، حيث يبلغ قطر الشعرة الواحدة للإنسان حوالي (8000) نانومتر في حين تبلغ قطر خلية كريات الدم الحمراء الواحدة حوالي (7000) نانومتر ويبلغ جزئ قطر الماء حوالي (0.3) نانومتر (النانو يساوي جزء الألف من الميكرومتر أي جزء من المليون من المليمتر أو واحد على ألف مليون من المتر أو 10^{-9} من المتر).

وفي المقابل هناك أيضا قياس المصغَر= Micrometer وهو إدارة لقياس الأبعاد والزوايا الدقيقة والبالغة الصغر، حيث نجد عند تخفيف السوائل والتربة للتخفيفات العشرية المعروفة فإنه يمكن اعتبار أن القياسات متناهية الصغر تبدأ من التخفيف واحد على المليون، وفي هذا المجال فإنه يمكن ترتيب حوالي (9) ذرات من عنصر الهيدروجين بجانب بعضها على مقياس نانومتر واحد؛ وعند قياس العناصر المعدنية في السوائل والماء ومخلفات الصرف الصحي على سبيل المثال فإن تلك القياسات تقاس بالجزء في المليون= PPM أو جزء في البليون= PPB، كما أن المصادر الإشعاعية المختلفة مثل أشعة جاما وبيتا وأشعة إكس والأشعة فوق البنفسجية والأشعة الحمراء وأشعة الليزر تقاس بالريم أو بالملي ريم والميكروريم أو الرونتجن والملي رونتجن والميكرو رنتجن أو بالكيوري والملي كيوري والميكروكيوري، وتلك القياسات السابقة متناهية الدقة وتدخل ضمن تكنولوجيا الجزيئات متناهية الصغر (النانو) [2].

ولتوضيح ماهية النانو فيما يلي جدول بالمصطلحات المتعلقة بهذه التكنولوجيا والمقابل لها باللغة العربية ومن ثم توضيح لمعناها:

جدول رقم (1) مصطلحات تكنولوجيا النانو والمقابل لها بالعربية ومعناها[3]

المصطلح بالإنجليزية	المقابل بالعربية	معنى المصطلح
Nanoscale	مقياس النانو	مقياس يستخدم لقياس وحساب أبعاد تتراوح بين 0.1 إلى 100 نانومتر
Nanoscience	علم النانو	علم يهتم بالتعامل مع المواد في مستواها الذري والجزيئي بمقياس لا يتعدى ١٠٠ نانومتر وهو علم يهتم أيضا باكتشاف ودراسة الخصائص المميزة لمواد النانو.
Nanowires	أسلاك النانو	هي أسلاك متناهيه الصغر في أبعاد النانو لها تركيب ذو بعد واحد وتتميز بخصائص كهربيه وضوئية مذهلة وتعتبر أسلاك النانو البنيه الأساسية التي تستخدم في بناء أجهزه النانو
Nanotubes	أنابيب النانو	أنابيب في مقياس النانو ومن أمثلتها أنابيب الكربون النانوية وهي عباره عن أنابيب أسطوانية من ذرات الكربون ذات بعد واحد مرتبه بشكل سداسي أو خماسي ولها خصائص فيزيائية مميزه.
Nanoshells	صدفات النانو	هي جسيمات في أبعاد النانو لها قشره أو يمكن أن نقول هي طبقه معدنيه رقيقه تحيط بكره مصنوعه من ماده شبه موصله لها القدرة على امتصاص أو تشتيت الضوء في جميع أطواله الموجية.
Nanocantilevers	الرقائق الذهبية	أجسام مضادة تتحد معا لتكوين حزم متضاعفة وأيضا بروتينات الارتباط

ولتوضيح النانو مقارنة بالقيم الأخرى نجد أن المليون يعني ألف ألف، أو 1000000. (10^6)، والبليون يعني مليون مليون (10^{12}) في النظام الإنجليزي وبعض دول أوروبا أو ألف مليون في الولايات المتحدة الأمريكية. ومع كثرة الأصفار منعًا لحدوث الخطأ في تكرارها، فقد استخدم النظام الدولي للوحدات بعض الرموز والألفاظ الإغريقية للتعبير عن مضاعفات الأعداد الكبيرة، وكذا كسورها، وبالتالي أمكن التعبير عن أكبر وأصغر الأعداد كما يلي:

جدول رقم (2) القياسات الشائعة من ناحية لفظها وقيمتها

اللفظة	قيمتها
اكسا (exa)	مليون مليون مليون (10^{18})
بيتا (peta)	ألف مليون مليون (10^{15})
تيرا (tera)	مليون مليون (10^{12})
جيجا (giga)	ألف مليون (10^9)
ميجا (mega)	مليون (10^6)
كيلو (kilo)	ألف (10^3)
هكتو (hecto)	مائة (10^2)
ديكا (deca)	10

اللفظة	قيمتها
ديسي (deci)	جزء من عشرة (10^{-1})
سنتي (centi)	جزء من مائة (10^{-2})
ميللي (melli)	جزء من ألف (10^{-3})
ميكرو (micro)	جزء من مليون (10^{-6})
نانو (nano)	جزء من ألف مليون (10^{-9})
بيكو (pico)	جزء من مليون مليون (10^{-12})
فيمتو (femto)	جزء من ألف مليون مليون (10^{-15})
أتو (atto)	جزء من مليون مليون مليون (10^{-18})

1 / 2 تاريخ تكنولوجيا النانو وتطورها

لا يمكن تحديد عصر أو حقبة معينة لظهور تكنولوجيا النانو، كما أنه ليس من المعروف بداية استخدام الإنسان للمادة ذات الحجم النانوي، لكن من المعلوم أن أحد المقتنيات الزجاجية وهو كأس الملك الروماني لايكورجوس= Lycurgus في القرن الرابع الميلادي الموجودة في المتحف البريطاني يحتوي على جسيمات ذهب وفضة نانوية، حيث يتغير لون الكأس من الأخضر إلى الأحمر الغامق عندما يوضع فيه مصدر ضوئي.[4] وكذلك تعتمد تكنولوجيا التصوير الفوتوغرافي منذ القرنين الثامن عشر والتاسع عشر الميلاديين على إنتاج فيلم أو غشاء مصنوع من جسيمات فضية نانوية حساّسة للضوء.

ولكن من الواضح أن من أوائل الناس الذين استخدموا هذه التكنولوجيا (بدون أن يدركوا ماهيتها) هم العرب والمسلمون؛ حيث كانت السيوف الدمشقية (القرن السابع عشر) المعروفة بالمتانة يدخل في تركيبها مواد نانوية تعطيها صلابة ميكانيكية، أحاطت بالأسلاك النانوية من السمنتيت= (Fe_3C) وهو مركب قاس وقصف، كما كان صانعوا الزجاج في العصور الوسطى يستخدمون حبيبات الذهب النانوية الغروية للتلوين.[5]

وما يدل أيضا على استخدام البشر لتكنولوجيا النانو منذ آلاف السنين استخدام هذه التكنولوجيا في صناعة الصلب والمطاط، حيث اعتمدت كلها على خصائص مجموعات ذرية نانوميترية في تشكيلات عشوائية، وتتميز عن الكيمياء في أنها لا تعتمد على الخواص الفردية للجزيئات.. ولقد ذُكر هذا المفهوم لأول مرة في عام 1867م عندما اقترح جيمس ماكسويل= James Clerk Maxwell فكرة تجربة صغيرة كيان يعرف عفريت ماكسويل [6] = Maxwell's Demo لمعالجة الجزيئات الفردية التحكم في تحريك الذرات والجزيئات؛ وتلاه في عام 1920م حيث أدخل ارفنغ لانجمير= Irving Langmuir وكاثرين بلودجيت= Katherine B. Blodgett مفهوم نظام

Monolayer أي طبقة ذرية واحدة أو طبقة مادة يبلغ سمكها مقاييس الذرة، وحصل لانجميور على جائزة نوبل في الكيمياء لعمله.[7]

وفي عام 1959م تحدث العالم الفيزيائي المشهور ريتشارد فيمان= Richard Feynman إلى الجمعية الفيزيائية الأمريكية في محاضرته الشهيرة بعنوان (هناك مساحة واسعة في الأسفل= There>s Plenty of room at the Bottom) قائلاً بأن المادة عند مستويات النانو (قبل استخدام هذا الاسم) بعدد قليل من الذرات تتصرف بشكل مختلف عن حالتها عندما تكون بالحجم المحسوس، كما أشار إلى إمكانية تطوير طريقة لتحريك الذرات والجزئيات بشكل مستقل والوصول إلى الحجم المطلوب، وعند هذه المستويات تتغير كثير من المفاهيم الفيزيائية فمثلا تصبح الجاذبية أقل أهمية وبالمقابل تزداد أهمية التوتر السطحي وقوة تجاذب فاندر فالز، وقد توقع أن يكون للبحوث حول خصائص المادة عند مستويات النانو تأثيرا جذريا في تغيير الحياة الإنسانية.[8]

ثم قام إريك دريكسلر= Eric Drexler عام 1975م بصياغة مفهوم لتكنولوجيا النانو، وبالرغم من التأخر في هذه التكنولوجيا مقارنة بالتقدم الهائل في علوم الحاسب الآلي وغيرها من تكنولوجيا الاتصالات، إلا أن هذه التكنولوجيا عاودت الظهور بكثافة عالية مؤخرا منذ عام 1990م وهى البداية الحقيقية لعصر تكنولوجيا النانو [9].

وقبل هذه المحاضرة، وبالرغم من وجود أبحاث قليلة على مواد بمستوى النانو وإن كانت لم تسمى بهذا الاسم، فقد تمكن أهلير= Uhlir من تسجيل مشاهداته للسيلكون الإسفنجي= Porous silicon عام 1956م،[10] وبعد ذلك تم الحصول على إشعاع مرئي من هذه المادة لأول مرة عام 1990م حيث زاد الاهتمام بها بعدئذ.

كما أمكن في الستينيات تطوير سوائل مغناطيسية= Ferro fluids، حيث تصنع هذه السوائل من حبيبات أو جسيمات مغناطيسية بأبعاد نانوية،[11] كما اشتملت الاهتمامات البحثية في الستينيات على ما يُعرف بالرنين البارا مغناطيسي الإلكتروني= ParamagneticnortcelE Resonance (EPR) لإلكترونات التوصيل في جسيمات بأبعاد نانوية تسمى آنذاك بالعوالق أو الغروانيات= Colloids، حيث تنتج هذه الجسيمات بالفصل أو التحلل الحراري= Heat Decomposition.[12]

وفي عام 1969م اقترح ليوايساكي تصنيع تركيبات شبه موصلة بأحجام النانو، وكذلك تصنيع شبيكات شبه موصلة مفرطة الصغر، وقد أمكن في السبعينات التنبؤ بالخصائص التركيبية للفلزات النانوية عن طريق دراسات طيف الكتلة= Spectroscopy Mass، حيث تعتمد الخصائص على أبعاد العينة غير المتبلورة.[13] كما أمكن تصنيع أول بئر كمي= Quantum Well في بعدين في نفس الفترة بسماكة ذرية أحادية تلاها بعد ذلك تصنيع النقاط الكمية [14] = Quantum Dotsببعد صفري والتي نضجت مع تطبيقاتها هذه الأيام.[15]

وقد ظهر مسمى تكنولوجيا النانو عام 1979م عبر تعريف البروفيسور نوريو تانيقوشي= Norio Taniguchi في ورقته العلمية المنشورة في مؤتمر الجمعية اليابانية للهندسة الدقيقة محركات الإنتاج: العصر القادم لتكنولوجيا النانو= of Creation: The Coming ErasenignE of Nanotechnology حيث قال (أن تكنولوجيا النانو ترتكز على عمليات فصل، اندماج، وإعادة تشكيل المواد بواسطة ذرة واحدة أو جزيء وحيد)، وفي نفس الفترة ظهرت مفاهيم علمية عديدة تداولتها الأوساط العلمية حول التحريك اليدوي لذرات بعض الفلزات عند مستوى النانو، ومفهوم النقاط الكمية، وإمكانية وجود أوعية متناهية الصغر تستطيع تقييد إلكترون أو أكثر.[16]

ومع اختراع الميكروسكوب النفقي الماسح= Scanning Tunnelling Microscope (STM)[17] بواسطة العالمان جيرد بينج= Gerd Binnig وهينريك روهر= Heinrich Rohrer عام 1981م، وهو جهاز يقوم بتصوير الأجسام بحجم النانو، زادت البحوث المتعلقة بتصنيع ودراسة التركيبات النانوية للعديد من المواد، وقد حصل العالمان على جائزة نوبل في الفيزياء عام 1986م بسبب هذا الاختراع.[18]

كما نجح العالم الفيزيائي دون ايجلر= Don Eigler في معامل IBM في تحريك الذرات باستخدام جهاز الميكروسكوب النفقي الماسح، مما فتح مجالا جديدا لإمكانية تجميع الذرات المفردة مع بعضها،[19] وفي نفس الوقت تم اكتشاف الفلورينات= Fullerenes بواسطة هارولد كرونو= Harold Kroto، ريتشارد سمالي= Richard Errett Smalley وروبرت كيرل= Robert Curl، وهي عبارة عن جزيئات تتكون من 60 ذرة كربون تتجمع على شكل كرة قدم (وقد حصلوا على جائزة نوبل في الكيمياء 1996م).[20]

وفي عام 1991م تمكن البروفيسور سوميو ليجيما= Sumio Iijima من جامعة ميجي من اكتشاف أنابيب الكربون النانوية [21] =Carbon Nanotubes، وهي عبارة عن أنابيب أسطوانية مجوفة قطرها بضعة نانومتر ومصنوعة من شرائح الجرافيت.[22] وفي عام 1995 تمكن العالم الكيميائي منجي باوندي من تحضير حبيبات من شبه الموصلات الكادميوم / الكبريت (أو السلينيوم) أصغرها ذات قطر 3–4 نانومتر، أما طرق تحضير العينات النانوية غير المتبلورة والمعتمدة على تقنيات الليزر والبلازما أو الحفر بشعاع الكرتوني وغيرها فقد وجدت منذ منتصف الثمانينيات. كما أن المفهوم الفيزيائي للتقييد الكمي الإلكتروني= Quantum Confinement قد بدأ في أوائل الثمانينات أيضا،[23] وقد سجلت أول قياسات على تكميم التوصيلة في نهاية الثمانينيات وأمكن تصنيع أول ترانزستور وحيد الإلكترون= Single Electron Transistor.[24]

وبعد ذلك تم اكتشاف ترانزستور أنابيب الكربون النانوية= Carbon Nanotube Transistors عام 1998م، حيث يصنع على صورتين: إحداها معدنية، والأخرى شبه موصلة، ويُستخدم هذا

الترانزستور في جعل الإلكترونات تتردد جيئة وذهابا عبر إلكترونين؛ هذا وتكمن أهمية هذا الترانزستور ليس فقط في حجمه النانوي، ولكن أيضا بانخفاض استهلاكه للطاقة وانخفاض الحرارة المنبعثة منه.[25]

تمكن العالم الفيزيائي العربي منير نايفه= Munir Nayfeh عام 2000م من اكتشاف وتصنيع عائلة من حبيبات السليكون= Porous Silicon أصغرها ذات قطر 1 نانو وتتكون من 29 ذرة سليكون سطحها على شكل الفولورينات الكربونية؛ إلا أن داخلها غير فارغ ويتوسطها ذرة واحدة منفردة، هذه الحبيبات عند تعريضها لضوء فوق بنفسجي فإنها تعطي ألوانا مختلفة حسب قطرها تتراوح بين الأزرق والأخضر والأحمر،[26] أما التجمع الذاتي [27] = Self-Assemblyللجزيئات، أو ربطها تلقائيا مع أسطح فلزية مما أصبح ممكنا تكوين صف من الجزئيات على سطح ما كالذهب وغيره.[28]

كما أعلنت أمريكا "مبادرة تكنولوجيا النانو الوطنية= National Nanotechnology "NNI" Initiative عام 2000م، والتي جعلت تكنولوجيا النانو تكنولوجيا استراتيجية وطنية وفتحت مجال الدعم الحكومي لهذه التكنولوجيا في جميع المجالات الصناعية والعلمية والجامعية،[29] وتلتها في ذلك اليابان عام 2002م التي أنشأت مركزا متخصصا للباحثين في تكنولوجيا النانو مع توفير جميع الأجهزة المتخصصة ودعم الباحثين وتشجيعهم وتبادل المعلومات فيما بينهم.

ويمكن مما سبق تلخيص تاريخ بدايات تكنولوجيا النانو إلى خمسة أجيال كما قسمها علماء الفيزياء الإلكترونية فهم يعتبروا تكنولوجيا النانو الجيل الخامس التي ظهرت في عالم الإلكترونيات الذي يمكن تصنيف ثوراته التكنولوجية على أساس أنها مرت بعدة أجيال شكلت أسباب الورود الحقيقي للنانو الذي عبر عن المرحلة الراهنة لها:

1. الجيل الأول ويتمثل في استخدام المصباح الإلكتروني= Lamp بما فيه التلفزيون.
2. الجيل الثاني ويتمثل في اكتشاف الترانزستور، وانتشار تطبيقاته الواسعة.
3. الجيل الثالث من الإلكترونيات ويتمثل في استخدام الدارات التكاملية= Integrate Circuit (IC) وهي عبارة عن قطعة صغيرة جدا شكلت ما تشكله تقنيات النانو في وقتنا الحالي من قفزة في تطور وتقليل حجم الدوائر الإلكترونية، فقد قامت باختزال حجم العديد من الأجهزة بل رفعت من كفاءتها وعددت من وظائفها.
4. الجيل الرابع ويتمثل في استخدام المعالجات الصغيرة= Microprocessor، الذي أحدث ثورة في مجال الإلكترونيات بإنتاج الحاسبات الشخصية= Personal Computer والرقائق الحاسوبية السيليكونية التي أحدثت تقدما في العديد من المجالات العلمية والصناعية.
5. الجيل الخامس ويتمثل فيما صار يعرف باسم النانو تكنولوجي= Nano technology وهو الجيل الحالي.[30]

ويمكن القول أن هذه التكنولوجيا طبقا للتعاريف السابقة تعتبر تكنولوجيا الإنتاج والتصميم والتطبيق للبنى والأجهزة والنظم والمواد المختلفة وذلك عن طريق تحجيم وتصغير تلك المواد بحيث لا يزيد حجمها على حجم الذرة الجزيء ويتعامل مع معظم في مجال الجزيئات متناهية الصغر، أسهمت أيضاً الجمعية الأمريكية الوطنية لتكنولوجيا النانو= National Nanotechnology Initiative (NNI) إسهاما كبيرا في تبسيط ذلك التقسيم وذلك لتسهيل فهم هذا العلم حيث خددت أن التعريف الدقيق لهذه التكنولوجيا اعتبار أن الجزيء أصغر من (100) نانومتر وذو خصائص فريدة، وعليه فقد تم تقسيمها إلى الأجيال الآتية:

1. **جيل تكنولوجيا النانو المؤثر**= Passive Nanotechnology Generation وهذا يتضمن الإنتاج الأول للعديد من المنتجات المختلفة والتي يمكن اعتبار البدء فيها منذ عام 2001م، مثل: ملطفات الجو والمنتجات المتطايرة والمعادن بنائية النانو والبوليمرات والسيراميك عالي التكنولوجيا.
2. **جيل تكنولوجيا النانو الفعالة**= Active Nanotechnology Generation وهذه يمكن البدء بها عام 2005م، وتشمل المنتجات ذات الفاعلية الحيوية= Bio– active ومنها الأدوية الحساسة والمنتجات الدقيقة الجيوفيزيائية الفعالة، مثل: البنائيات المتكيفة ومنتجات الترانزستور.
3. **جيل أنظمة النانو**= Systems Of Nanotechnology Generation ويُطلق عليها أيضا نظام النانو ثلاثي الأبعاد= 3D Nanosystem، ويمكن اعتماد البدء بها فعليا خلال عام 2010م، وتشمل الأجهزة المتطورة الدقيقة المجمعة، مثل: الروبوت الطبي المتقدم للعمليات الجراحية الدقيقة، والبنائيات المعمارية الدقيقة المتطورة.
4. **جيل أنظمة النانو الجزيئية**= Molecular Nanosystems Generation وهذه تمثل حالة متقدمة وتحتاج إلى المزيد من البحث والتقصي، كما أنها تناسب المتطلبات الدقيقة للإنسان، مثل: الأجهزة فعالية المنشأ والتي تحاكي أنظمة الإنسان الحيوية وذات التصميم النووي= Atomic Design، ويمكن اعتماد البدء بها نظراً لدقة تطوّرها خلال الأعوام 2015– 2020م.[31]

وتلك التقسيمات وإن كانت مستقبلية إلا أنه تم وضعها من خلال التصورات الخاصة للنشاط العالمي في مجال تكنولوجيا الجزيئات متناهية الصغر في أماكن مختلفة من العالم، كما أن الفرصة لاتزال مواتية للعديد من التصنيفات والتقسيمات المختلفة لهذا العلم نظرا للتطور والتقدم الهائل في مختلف أوجه الأنشطة العلمية والبحثية في أماكن مختلفة من العالم.

1 /3 أشكال المواد النانوية

عند تصنيع المواد بحجم النانو فان التركيب الفيزيائي والتركيز الكيميائي للمواد الخام المستخدمة في التصنيع تلعب دورا مهما في خصائص المادة النانوية الناتجة، وهذا خلافا لما

يحدث عند تصنيع المواد العادية، حيث تتركب المواد عادة من مجموعة من الحبيبات تحتوي على عدد من الذرات، وقد تكون هذه الحبيبات مرئية أو غير مرئية للعين المجردة بناء على حجمها، ويمكن ملاحظتها بواسطة الميكروسكوب؛ ففي هذه المواد يتفاوت حجم الحبيبات من مئات الميكرومترات إلى سنتيمترات، أما في المواد النانوية فان حجم الحبيبات يكون في حدود (1: 100) نانومتر، هذا وهناك طريقتان لتصنيع حجم نانوي من المادة:

1. **الطريقة الأولى:** من أعلى لأسفل= Top-Down: حيث تبدأ هذه الطريقة بحجم محسوس من المادة محل الدراسة ويُصغّر للوصول إلى المقياس النانوي، ومن التقنيات المستخدمة في ذلك الحفر الضوئي والقطع والكحت والطحن، وقد استخدمت هذه التقنيات للحصول على مركبات إلكرتونية مجهرية كشرائح الكمبيوتر وغيرها، والجدير بالذكر أن أصغر حجم أمكن الوصول إليه في حدود (100) نانومتر ولازال البحث مستمرا للحصول على أحجام أصغر من ذلك.
2. **الطريقة الثانية:** من أسفل لأعلى= Bottom-Up: حيث تبدأ هذه الطريقة بجزيئات منفردة كأصغر وحدة وتُجمّع في تركيب أكبر. وغالبا ما يُستخدم في ذلك الطرق الكيميائية، وتتميّز تلك بصغر حجم المادة الناتجة (نانومتر واحد)، بالإضافة إلى قلة الهدر للمادة الأصلية، والحصول على قوة ترابط بين الجسيمات النانوية الناتجة.

هذا ويمكن تصنيع المواد النانوية على عدة أشكال وذلك بناء على الاستخدام المقرر لهذه المواد، ومن أهم هذه الأشكال ما يلي:

1) **النقاط الكمية= Quantum Dots**: عبارة عن تركيب نانوي شبه موصل ثلاثي الأبعاد يتراوح أبعاده بين (2: 10) نانومتر، وهذا يقابل (10: 50) ذرة في القطر الواحد أو (100: 100.000) ذرة في حجم النقطة الكمية الواحدة، تقوم النقطة الكمية بتقييد إلكترونات شريط التوصيل، وثقوب شريط التكافؤ، أو الاكسيتونات (وهي عبارة عن زوج مرتبط من إلكترونات التوصيل وثقوب التكافؤ)، كما تُبدي النقاط الكمية طيفا متقطعا وتتمركز الدوال الموجية المقابلة داخل النقطة الكمية، وعندما يكون قطر النقطة الكمية يساوي 10 نانومتر، فانه يمكن صف ثلاثة ملايين نقطة كمية بجانب بعضها البعض بطول يساوي عرض إصبع إبهام الإنسان [32].

2) **الفلورين= Fulleren** : تركيب نانوي للكربون وهو عبارة عن جزيء مكوّن من (60) ذرة من ذرات الكربون ويرمز له بالرمز C60، وقد أكتشف عام 1985م. إن جزيء الفولورين كروي المظهر ويشبه كرة القدم التي تحتوي على (12) شكلا خماسيا و(20) شكلا سداسيا، ومنذ اكتشاف كيفية تصنيع الفولورين عام 1990م وهو يُحضر بكميات كبيرة. كما أمكن الحصول على جزيئات بعدد مختلف من ذرات الكربون، مثل: C36، C48، C70 إلا أن العلماء أبدوا اهتماما خاصا بالجزيء C60، هذا ولقد سمّي هذا التركيب بالفولورين نسبة للمخترع والمهندس المعماري ر.بكمنستر فولر= R. Buckminster Fuller، وهكذا فقد نشأ فرع جديد يُسمّى كيمياء الفولورين حيث عُرف أكثر من (9.000) مركب

فولورين منذ عام 1997م، وظهرت تطبيقات مختلفة لكل من هذه المركبات، ومنها المركبات، K3C60 RbCs2C60، C60–CHBr3 التي أبدت قدرة فائقة على التوصيل= superconductivity، كما اُكتشفت أشكال أخرى منها مثل الفلورين المخروطي والأنبوبي إضافة إلى الكروي.[33]

3) **الكرات النانوية = Nanoballs**: من أهمها كرات الكربون النانوية والتي تنتمي إلى فئة الفولورينات، من مادة C_{60} لكنها تختلف عنها قليلاً بالتركيب حيث أنها متعددة القشرة، كما أنها خاوية المركز؛ وذلك على خلاف الجسيمات النانوية، بينما لا يوجد على السطح فجوات، كما هو الحال في الأنابيب النانوية متعددة الغلاف، وبسبب أن تركيبها يشبه البصل فقد سمّاها العلماء كُرات البصل=Bucky balls، وقد يصل قطر الكرات النانوية إلى (500) نانومتر أو أكثر [34].

4) **الجسيمات النانوية = Nanoparticles**: على الرغم من أن كلمة (الجسيمات النانوية) حديثة الاستخدام، إلا أن هذه الجسيمات كانت موجودة في المواد المصنعة أو الطبيعية منذ زمن قديم. فعلى سبيل المثال، تبدو أحيانا بعض الألوان الجميلة من نوافذ الزجاج الصدئة، وذلك بسبب وجود مجموعات عنقودية صغيرة جدا من الأكاسيد الفلزية في الزجاج، حيث يصل حجمها قريبا من الطول الموجي للضوء؛ وبالتالي فان الجسيمات ذات الأحجام المختلفة تقوم بتشتت أطوال موجية مختلفة من الضوء مما ينتج عنه ظهور ألوان مختلفة من الزجاج. –

هذا ويمكن تعريف الجسيمات النانوية على أنها عبارة عن تجمع ذري أو جزيئي ميكروسكوبي، يتراوح عددها من بضع ذرات (جزيء) إلى مليون ذرة، مرتبطة ببعضها بشكل كروي تقريبا بنصف قطر أقل من (100) نانومتر، فجسيم نصف قطره نانومتر واحد سوف يحتوي على (25) ذره أغلبها على سطح الجسيم. وعند تعرّض هذه الجسيمات لأشعة فوق بنفسجية فإنها تبعث ضوءً بلون مرئي طوله الموجي يتناسب عكسيا مع مربّع قطر الجسيم، وبالتالي يمكن رؤية ألوان مرئية معينة، عندما يصل حجم الجسيمات النانوية إلى مقياس النانو في بعد واحد فإنها تسمى البئر الكمي= Quantum Well، أما عندما يكون حجمها النانوي في بعدين فتسمى السلك الكمي= Quantum Wire، وعندما تكون هذه الجسيمات بحجم النانو في ثلاثة أبعاد فإنها تعرف بالنقاط الكمية= Quantum Dots، ولا بد من الإشارة هنا إلى أن التغير في الأبعاد النانوية في التركيبات الثلاث السالفة الذكر سوف يؤثر على الخصائص الإلكترونية لها، مما يؤدي إلى حدوث تغيير كبير في الخصائص الضوئية للتركيبات النانوية.

كما تكتسب الجسيمات النانوية أهمية علمية، حيث أنها تقع بين التركيب الحجمي الكبير للمادة وبين التركيب الذري والجزيئي، حيث تحتوي هذه الجسيمات في العادة على (10^6) ذرة أو اقل، أما الجزيء فإنه يمكن أن يحتوي على (100) ذره أو أقل، وقد يصل نصف قطر الجزيء إلى أكثر من نانو متر واحد، ومن خصائص الجسيمات النانوية تغلب الخصائص السطحية للجسيمات على الخصائص الحجمية للمادة، وبينما تكون الخصائص الفيزيائية للمادة الحجمية ثابتة بغض النظر عن حجمها،

فان تلك الخصائص للمادة عندما تصل إلى مقياس النانو سوف تتغير وبالتالي تعتمد على حجمها، مثل التقييد الكمي في الجسيمات النانوية شبه الموصلة، رنين البلازمون السطحي في بعض الجسيمات النانوية الفلزية، ومن الخصائص الأخرى للجسيمات النانوية هو إمكانية تعلُّقها داخل سائل أو محلول بدون أن تطفو أو تنغمر وذلك لأن التفاعل بين سطح الجسيمات والسائل يكون قويا، بحيث يتغلب على فرق الكثافة بينهما والذي يكون في العادة مسئولا عن طفوّ أو غمر المادة الحجمية في السائل.[35]

5) **الأنابيب النانوية= Nanotubes**: تصنَّع الأنابيب النانوية من مواد غير عضوية، مثل: أكاسيد الفلزات (أكسيد الفاناديوم، أكسيد المنجنيز)، نيتريد البورون والموليبدينوم، وهي شبيهة من ناحية تركيبها بأنابيب الكربون النانوية، ولكنها أثقل وزنا وليست بنفس القوة مثل أنابيب الكربون، وتعد أنابيب الكربون النانوية التي اكتشفت عام 1991م أكثر أهمية نظرا لتركيبها المتماثل وخصائصها المتميزة واستخداماتها الواسعة في التطبيقات الصناعية، والعلمية، وفي الأجهزة الإلكترونية الدقيقة، والأجهزة الطبية الحيوية. يمكن وصف أنابيب الكربون على أنها عبارة عن شرائح من الجرافيت يتم طيِّها حول محورٍ ما لتأخذ الشكل الأسطواني؛ حيث ترتبط ذرات نهايتي الشريحة مع بعضها لتغلق الأنبوب، تكون إحدى نهايتي الأنبوب في الغالب مفتوحة والأخرى مغلقة على شكل نصف كره، كما قد يكون جدار الأنبوب فردي الذرات وتسمى في هذه الحالة بالأنابيب النانوية وحيدة الجدار= Single Wall Nanotube (SWNT)، أو ثنائي أو أكثر وتسمى الأنابيب متعددة الجدران= Multi Wall Nanotube (MWNT)، يتراوح قطر الأنبوب بين أقل من نانومتر واحد إلى 100 نانومتر(أصغر من قطر شعرة الرأس بمقدار 50000 مرة)، أما طوله فقد يصل إلى 100 مايكرومتر ليُشكّل سلكا نانويا، هذا وللأنابيب النانوية عدة أشكال فقد تكون مستقيمة، لولبية، متعرجة، مخروطية وغير ذلك. كما تتميز هذه الأنابيب بالقوة والصلابة والتوصيل الكهربي وغيرها، كما أن للكربون النانوي أشكالا أخرى مثل الكرات النانوية والألياف النانوية، يتم انتاج أنابيب الكربون النانوية بعدة تقنيات، منها: التفريغ القوسي، الكحت الليزري، الترسيب بواسطة أول أكسيد الكربون ذو الضغط العالي، والترسيب بواسطة البخار الكيميائي.[36]

6) **الألياف النانوية= Nanofibers**: لاقت الألياف النانوية اهتماما كبيرا مؤخرا لتطبيقاتها الصناعية، وقد أُكتشف العديد من أشكالها كالألياف السداسية والحلزونية والألياف الشبيهة بحبة القمح= Corn-Shaped، ومن أشهر الألياف النانوية تلك المصنوعة من ذرات البوليمرات. وما يميزها أيضا إن نسبة مساحة السطح إلى الحجم كبيرة، حيث أن عدد ذرات السطح كبير مقارنة بالعدد الكلي، وهذا يُكسب تلك الألياف خواص ميكانيكية مميّزة كالصلابة وقوة الشد وغيرها مما يؤهلها بلا منافس لاستخدامها كمرشحات في تنقية السوائل أو الغازات، وفي الطب الحيوي وزراعة الأعضاء كالمفاصل ونقل الأدوية في الجسم وفي التطبيقات العسكرية كتقليل مقاومة الهواء، وغيرها من التطبيقات لاسيما بعد تطوير طرق التحضير، وهناك أكثر من طريقة لتحضير الألياف البوليمرية،

من أشهرها التدوير الكهربي= Electro Spinning ولازالت تواجه العديد من الصعوبات للتحكم بخصائص الألياف الناتجة كاستمراريتها واستقامتها وتراصفها.[37]

7) **الأسلاك النانوية= Nanowires**: هي أسلاك بقطر قد يقل عن نانومتر واحد وبأطوال مختلفة، أي بنسبة طول إلى عرض تزيد عن (1000) مرة، لذا فهي تُلحق بالمواد ذات البعد الواحد، وكما هو متوقع، فهي تتفوق على الأسلاك التقليدية (ثلاثية الأبعاد)، وذلك لأن الإلكترونات تنحصر كميا باتجاه جانبي واحد مما يجعلها تحتل مستويات طاقة محددة تختلف عن تلك المستويات العريضة الموجودة في المادة الحجمية، وهنا تتضح أهمية الذرات السطحية مقارنة بالداخلية لظهور ما يُعرف بالتأثير الحاجّي. وبسبب خضوعها للحصر الكمي المبني على ميكانيكا الكم، فسيكون لها القدرة على التوصيل الكهربي تأخذ قيما محدّدة، وهي لا توجد في الطبيعة ولكنها تُحضّر في المختبرات، حيث منها الفلزي (كالنيكل والفضة والبلاتينيوم)، وشبه الموصل (كالسيلكون ونترات الجاليوم وفوسفات الانديوم)، والعازل (كالسيليكات وأكسيد التيتانيوم)، ومنها الأسلاك الجزيئية العضوية DNA وغير العضوية التي يُنظر لها كتجمعات بوليمرية) ذات القطر 0.9 من النانومتر وبطول يصل لمئات من المايكرومتر، هذا ويمكن استخدامها مستقبلا في ربط مكوّنات إلكرتونية دقيقة داخل دائرة صغيرة أو عمل وصلات ثنائية، وكذلك بناء الدوائر الإلكترونية المنطقية، وقد تستخدم لتصنيع الكمبيوتر الرقمي؛ وللأسلاك النانوية عدة أشكال فقد تكون حلزونية= spiral أو تكون متماثلة خماسية الشكل [38].

8) **المركبات النانوية= Nanocomposites**: هي عبارة عن مواد يضاف إليها جسيمات نانوية خلال تصنيع تلك المواد، ونتيجة لذلك فان المادة النانوية تُبدي تحسُّنا كبيرا في خصائصها، فعلى سبيل المثال، يؤدي إضافة أنابيب الكربون النانوية إلى تغيير خصائص التوصيل الكهربي والحراري للمادة، وقد يؤدي إضافة أنواع أخرى من الجسيمات النانوية إلى تحسين الخصائص الضوئية، وخصائص العزل الكهربي، وكذلك الخصائص الميكانيكية مثل الصلابة والقوة. ومما يجدر الإشارة إليه يجب أن تكون النسبة المئوية الحجمية للجسيمات النانوية المضافة منخفضة في حدود (0.5%: 5%) لارتفاع النسبة بين المساحة السطحية وحجم للجسيمات النانوية، لذا تُجرى البحوث حاليا للحصول على مركبات نانوية جديدة ذات خصائص ومميزات تختلف عن المركبات الأصلية، ومن المركبات النانوية المعروفة الآن المركبات البوليمرية النانوية[39].

1 / 4 تقنيات النانو= Nano-techniques

يُشار إليها أحيانا باسم أدوات النانو= Nano-tools وهي التقنيات والطرق والوسائل التي تجعل التعامل مع مواد وجسيمات النانو ممكنا عمليا، وهناك العديد من تقنيات النانو من أهمها:

1 /4 /1 مجاهر المجسات الماسحة

مجهر المجس الماسح= Scanning Probe Microscopy (SPM) وهو التكنولوجيا "الأب" لعدد واسع من التقنيات التي تسمى مجاهر المجسات الماسحة، والتي تمكن الباحثين من تصوير العينات الكيميائية والحيوية، وتنقسم هذه التكنولوجيا إلى قسمين رئيسيين، هما: مجهر التأثير النفقي الماسح= Scanning Tunneling Microscopy (STM) ومجهر القوة الذرية=Atomic Force Microscopy(AFM) وفي جميع هذه المجاهر تقوم المجسات= "probes" التي تبلغ سماكة رؤوسها الماسحة "tips" بضع ذرات بمسح سطح العينات المدروسة من طرف إلى آخر، ويتم تسجيل تفاعل "حركة" هذه المجسات خلال عملية المسح، وفي الظروف المثالية تستطيع هذه التقنيات أن تعطي حساسية قياس تصل إلى مستوى واحد نانو متر، وعليه فإن كلا الجهازين يستطيعان أن يعطيان صورا دقيقة لذرات في داخل أو على أسطح العينات المدروسة،[40] وفي ما يلي شرح مبسط لهذين الجهازين:

أ. **المجهر النفقي الماسح= Scanning Tunneling Microscopy**: تم اختراع وتركيب مجهر التأثير النفقي الماسح على يد العالمين روهر= Rohrer وبيننيج= Binning عام 1981م وكان لهذا الاختراع صدى واسعا في الأوساط العلمية، حيث تمكن الباحثون ولأول مرة من مشاهدة الذرات وبالأبعاد الثلاثية، وقد حصل العالمان على جائزة نوبل في عام 1986م عن هذا الاختراع، هذا ويتم فيه قياس التيار الكهربائي المار بين إبرة الماسح وسطح المادة، ويستخدم لتمييز مدى نتوءات السطح وبالتالي معرفة هندسة المادة وقياس خصائص التوصيل الكهربائي.[41]

ب. **مجهر القوة الذرية= Atomic Force Microscope (AFM)** تم اختراع مجهر القوة الذرية عام 1986م على يد ثلاثة باحثين هم كوات= Quate وبيننج= Binnig وجيربر= Gerber، ويسمى أيضا مجهر القوة الماسح= **Scanning Force Microscope (SFM)**، و"عين تكنولوجيا النانو" ويستخدم في مجهر القوة الذرية مجس ماسح وفي هذا المجهر يتم استخدام رأس مجس صغير جدا يقل سمكه عن (10) نانومتر، وذلك لتكبير تفاصيل أسطح العينات إلى ملايين المرات، ويعتمد مبدأ عمل هذا الجهاز على قياس قوة التنافر والتجاذب بين سطح العينة ورأس المجس، وهذه القوى قد تكون قوى فان ديروال أو قوة الروابط الأيونية أو القوة الكهرو ستاتيكية (قوة كولوم) وغيرها، ويستطيع هذا المجهر أن يدرس عينة صغيرة في حدود (100) ميكرو متر، وتمتد مدة عمل هذا الجهاز في مسح أسطح العينات من أجزاء من الثانية إلى حوالي ساعة واحدة أو أكثر تبعا لخصائص وطبيعة أسطح هذه العينات، ويعطي مجهر القوة الذرية قوة تمييز=resolution تصل إلى حدود (0.2) نانومتر وقدرة تكبيريه تتراوح من (100: 100.000.000) مرة [42].

1 /4 /2 المجاهر الإلكترونية= Electron Microscopy

يشمل هذا النوع من المجاهر شريحة واسعة من التقنيات المتخصصة في دراسة أسطح المواد بقوة تكبير تصل إلى مستوى الجزيئات، وتنقسم هذه المجاهر إلى قسمين رئيسيين، هما، المجاهر

الإلكترونية الماسحة= Scanning Electron Microscopy (SEM) والمجاهر الإلكترونية النافذة= Transmission Electron Microscopy(TEM)، ويعتمد مبدأ هذه المجاهر على استخدام حزمة إشعاع إلكتروني عالي الطاقة بدلا من الضوء الطبيعي أو الضوء الصناعي لفحص تركيب وسلوك المادة ويتم تمرير وتسريع الإلكترونات خلال المادة، فيصطدم بعضها بالأنوية وإلكترونات الذرات فتتفرق الإلكترونات المسلطة، ويتم تجميع الإلكترونات التي عبرت دون اصطدام لتكون صورة المادة، ومن فوائدها تحليل وتمثيل المواد النانوية وتصوير تركيباتها وإظهار الذرات منفردة، وقد تم بناء أول مجهر إلكتروني في برلين عام 1931م على يد العالمين ماكس كنول= Max Knoll وإرنست روشا= Ernst Ruska وبهذا الاختراع تم تجاوز الحدود المفروضة على القدرة التكبيرية للمجاهر والتي كانت محدودة بموجات الضوء المرئي [43].

أ. **المجهر الإلكتروني النفاذي= Transmission Electron Microscope (TEM)**، تم بنائه وتطويره في بداية الثلاثينات من القرن الماضي، والجدير بالذكر هذا المجهر قد تم بنائه قبل المجهر الإلكتروني الماسح بحوالي عشر سنوات ومنذ ذلك الحين تم استخدامه في الكثير من التطبيقات الطبية وتطبيقات علوم المواد، ويستخدم حاليا بشكل كبير في دراسة الخواص التركيبية والبلورية للعينات وغيرها من الخواص، ويتميز بقوة تمييز تصل في المتوسط إلى (0.2نانو متر). وعلى الرغم من أن هذا المجهر يستخدم المدفع الإلكتروني لإنتاج حزمته الإلكترونية، كما يستخدم العدسات الكهرومغناطيسية وفتحات التحكم؛ إلا أنه يعتمد على مبدأ نفاذ الإلكترونات الساقطة من خلال العينة المدروسة ومن ثم تكوين الصور على شاشة فلورسنت أو على الأفلام الفوتوغرافية بواسطة القسم النافذ من الحزمة الإلكترونية وهذا المبدأ يختلف بالطبع عن مبدأ عمل المجهر الإلكتروني الماسح والذي يعتمد على تجميع وتحليل الإشارات المنعكسة من سطح العينة المدروسة [44].

ب. **المجهر الإلكتروني الماسح= Scanning Electron Microscopy (SEM)** من أهم أجهزة التصوير المجهري ويمكن استخدامه في العديد من التطبيقات في مجال علوم المواد والعلوم الطبية، فلقد تم وضع تصور نظرية عمله بشكل كامل في الأربعينات الميلادية، ولم يتم تسويق أول نموذج من هذا الجهاز إلا بعد مرور عشرون عاما تقريبا أي في الستينيات الميلادية، ويتميز هذا المجهر بقدرته التكبيرية التي تصل إلى أكثر من نصف مليون مرة، وعليه فقد وجد هذا المجهر طريقه إلى جميع التطبيقات العلمية وفي شتى مجالات العلوم، حيث يمكن بواسطتها دراسة أسطح العينات وتركيباتها الدقيقة ومكوناتها الكيميائية وسماكتها، كما يمكن دراسة أحجام الجسيمات والجزيئات والميكروبات، والكثير من التطبيقات الأخرى [45].

المبحث الثاني: تطبيقات تكنولوجيا النانو

تتعدد تطبيقات تكنولوجيا النانو في مختلف المجالات، منها: التكنولوجيا والإليكترونيات في الطب والبيولوجيا والصناعات الدوائية والكشف عن الأمراض وفي الزراعة والإنتاج الغذائي وحماية

البيئة وغيرها، ومثلما أذهلتنا ثورة المعلومات والاتصال في إنجازاتها المتسارعة، والإنجازات في الهندسة الوراثية والجينات وتطبيقاتها المتعددة؛ فها هي تكنولوجيا النانو تدهشنا بتسارع إنجازاتها وتعدد تطبيقاتها لتنضم إلى قائمة التحولات العلمية الكبرى في التاريخ البشري، وعلى الرغم من النمو والتحول المتسارع لإنجازات العلم في بلدان العالم المتقدمة، إلا أن المؤسسات العلمية في المنطقة العربية تحاول اللحاق بها وتحقيق إنجازات علمية تتجه لحل مشكلاتها التنموية ولتحقيق تطبيقات لإنجازات التحولات العلمية في واقع الحياة العربية، وسنحاول فيما يلي التعرض لبعض تطبيقات تكنولوجيا النانو الشهيرة في المجالات المختلفة:

2 /1 مجال العلوم الطبية

فتحت تكنولوجيا النانو آفاقا جديدة في مختلف مجالات الحياة، ومن أهمها مجال الطب، والجدير بالذكر أن تكنولوجيا النانو تعتمد على الفيزياء والكيمياء والهندسة والأحياء والصيدلة، لذا فلابد للباحثين أن تكون لهم قاعدة عريضة تشمل كل هذه التخصصات ولابد أن يكون بين هذه التخصصات روابط مشتركة، ولقد ساعدت تكنولوجيا النانو على تغيير طريقة النظر إلى علاج كثير من الأمراض وأعطت أملا كبيرا لشفاء كثير من الأمراض المستعصية، وقد توجهت دول عديدة إلى دعم النانو، والدراسات المبدئية قائمة حول العالم لتوظيف التطور الحاصل في تكنولوجيا النانو في المجالات الطبية، وسيتبع ذلك الدراسات المرتبطة بسلامة استخدامها على الإنسان حتى تتحول هذه التطبيقات إلى واقع يومي في المستشفيات والمراكز الصحية لتساهم في اكتشاف المرض مبكرا وتقليل تكلفة علاجه والحفاظ على صحة الإنسان.

وتتمثل أهمية التطبيقات الطبية لتكنولوجيا النانو في ارتباطها المباشر بحياة وصحة الإنسان، فتكنولوجيا النانو تعد بالكثير من التطبيقات الطبية المتعلقة بالتشخيص الدقيق والعلاج عالي الكفاءة، وكذلك الكثير من التطبيقات في مجال الرعاية الصحية، فمواجهة أكثر الأمراض فتكا بالإنسان مثل أمراض السرطان ستكون ممكنة في غضون العشر السنوات القادمة وذلك من خلال طب النانو= Nanomedicine والذي بدأت الكثير من أبحاثه وتطبيقاته التجريبية في الكثير من مراكز الأبحاث حول العالم، وفي ما يلي نستعرض أهم التطبيقات الطبية المستقبلية لتكنولوجيا النانو:[46]

2 /1/ 1 جهاز الناتئ النانوني (الكانتيلفير= Cantilever [47]: يستطيع اكتشاف خلايا السرطان بدقة فائقة تصل إلى حد رصد خلية واحدة.

2 /1/ 2 توصيل الأدوية: علم الأدوية من العلوم التي تحتاج لدقة عالية وذلك لارتباطها بصحة الإنسان، فوصول كمية كبيرة من الدواء إلى أعضاء الجسم غير المصابة تقلل من فعالية الدواء وتؤدي إلى حدوث آثار جانبية غير مرغوب فيها، فعلى سبيل المثال: نجد أن الوسائل التقليدية لمعالجة مرض السرطان كالعلاج الكيمائي والإشعاعي تؤدي إلى آثار جانبية كبيرة مع انخفاض فعاليتها في

معالجة هذا المرض، وعليه يجب توصيل الأدوية المضادة للسرطان إلى الأجزاء المصابة بدقة متناهية للحصول على أقصى فائدة ممكنه من الدواء، لذا يعكف العلماء على دراسة أحد تطبيقات النانو المستقبلية والمتمثلة في تكنولوجيا توصيل الدواء باستخدام أحد أجهزة النانو والمسمى الديندريمر= Dendrimer وهو أحد أجهزة النانو الخاصة بإيصال الدواء والقادرة على الدخول بسهولة إلى الخلايا المصابة وتزويدها بكميات متعددة من الدواء دون حدوث أي نتائج سلبية، ويتميز هذا الجهاز بقدرته على تحديد الخلايا المصابة وعلاجها وكذلك إعطاء تقرير عن مدى فعالية الدواء [48].

2 /1/ 3 **في مجال الأدوية والعقاقير العلاجية:** أُدخل حاليا مصطلح جديد إلى علم الطب هو النانو بيوتك= Nanobiotics وهو البديل الجديد للمضادات الحيوية، حيث استطاع الباحثون في جامعة هانج بانج في سيؤول إدخال نانو الفضة إلى المضادات الحيوية، ومن المعروف أن الفضة قادرة على قتل 650 جرثومه ميكروبيه دون أن تؤذى جسم الإنسان، هذه التكنولوجيا سوف تحل الكثير من مشاكل البكتيريا المقاومة للمضادات الحيوية التي أحدثت طفرات تحول دون تأثير المضاد على هذه البكتيريا، حيث يقوم النانو بيوتك بثقب الجدار الخلوي البكتيري أو الخلايا المصابة بالفيروس مما يسمح للماء من الدخول إلى داخل الخلايا فيتم إبادتها.[49]

2 /1/ 4 **إنسان آلي بحجم النانو مساعد في العمليات الجراحية:** قامت شركت كورفس بصناعه محولات مرئية (نانو روبوت= Nanorobots) بحجم النانومتر يُستخدم كمساعد للأطباء في العمليات الجراحية الحرجة والخطرة، يستطيع الطبيب أن يتحكم في الروبوت بواسطة جهاز خاص مما يساعد في إنجاح العملية بكفاءة عالية وبدقه متناهية وهي أفضل من الطرق التقليدية وتقلل من المخاطر كثيرا، حيث يستخدم الجراح عصا تحكم تمكنه من التحكم بذراع الروبوت الذي يحمل الأجهزة الدقيقة وكاميرا مصغره؛ وذلك ليحول التحركات الكبيرة إلى تحركات صغيرة وهذا يتيح مزيدا من الدقة الجراحية.[50]

2 /1/ 5 **علاج مرض السكر:** نجحت جامعه النيوي في الولايات المتحدة الأمريكية في تطوير جهاز مُهَندس بالتكنولوجيا النانونية يزرع في الجسم يعمل على تنظيم السكر في الدم وهى تغني مرضى السكر عن حقن الأنسولين، **وكذلك علاج أمراض الكلى بتكنولوجيا النانو**= Nanonephrology: وهو فرع من طب النانو يعنى بـدراسة تكوين بروتينات الكلى على المستوى الذري، والتصوير بتكنولوجيا النانو لدراسة العمليات الحيوية التي تحدث في خلايا الكلى، واستخدام جزيئات النانو في علاج أمراض الكلى. حيث يمكن التوصل لحلول العديد من أمراض الكلى من خلال فهم الخواص الفيزيائية والكيمائية لبروتينات الكلى، ويحلم العديد من الأطباء بكلى صناعية بتكنولوجيا النانو ويمكن أن يتحقق باستخدام نانوروبوت يقوم بعملية ترميم للكلى المريضة على المستويين الخلوي والجزيئي، الهدف هو المقدرة على توجيه الأحداث بطريقة منظمة على مستوى الخلية مما يحمل إمكانية تحسن كبير في حياة العديد من مرضى الكلى.[51]

2 /1/ 6 **التصوير الطبي:** يمكّن التصوير بالنانو الباحثين والأطباء من تعقب أي حركة تحدث في النسيج الحي داخل جسم الإنسان، ومن ثم يمكن للأطباء التعرف بدقة على حركة الدواء داخل النسيج المريض، هذا وان دراسة بعض خلايا الجسم يكون صعبا، ومن هنا يلجأ العلماء إلى تلوينها؛ وهناك مشكلة أخرى ألا وهي أن الخلايا التي تصدر أمواجا ضوئية مختلفة في الطول لا تعمل بشكل واحد أو بكيفية واحدة على الدوام، الأمر الذي يجعل عمليات التصوير الطبي تواجه مشاكل على صعيد التشخيص الصحيح، وقد تمكن العلماء من حل هذه المشكلة وذلك باستخدام بعض جزئيات النانو التي تبدي ردود فعل مختلفة إزاء الترددات الموجية المختلفة الناشئة بطبيعة الحال عن اختلاف طول الموجة.

2 /1/ 7 **آلة إصلاح الخلايا:** يقوم الأطباء في طرق العلاج التقليدية المتبعة في علم الطب والجراحة بمعالجة الأنسجة والخلايا التالفة بواسطة العمليات الجراحية المختلفة والأدوية المتعددة. بيد أن الحال يختلف فيما لو استخدمت آلة إصلاح الخلايا التالفة، وبواسطة إدخال إبر خاصة لا تؤدي إلى قتل الخلايا، تدخل آلة الإصلاح إلى الخلايا التي يراد الدخول إليها، وفي هذه الطريقة العلاجية الحديثة يتم الاستفادة من حقيقة أن خلايا الجسم تبدي ردود فعل إزاء المحركات الخارجية مهما كانت، فإذا ما وصلت إليها محركات النانو أو المحركات الدقيقة أبدت رد الفعل هذا؛ الأمر الذي يغير من عمل الخلايا ويأخذ بها من المرض إلى الشفاء وهذه الطريقة كما يبدو طريقة مباشرة في العلاج.

2 /1 /8 **التشخيص:** الهدف الأساسي هو اكتشاف المرض في مراحل مبكرة حتى يمكن القضاء عليه قبل أن يتسبب في أعراض أو مضاعفات، وباستخدام تكنولوجيا النانو تصبح الاختبارات الحيوية لقياس وجود أو نشاط المواد المختبرة أسرع، وأكثر دقة ومرونة، فيمكن دمج جزيئات النانو المغناطيسية مع الأجسام المضادة المناسبة واستخدامها كعلامات على وجود جزيئات محددة أو ميكروبات، وبالمثل استخدام جزيئات الذهب المدمجة مع مقاطع قصيرة من الحمض النووي للتعرف على تسلسل من الجينات في عينة ما، هناك أيضا تكنولوجيا ثقوب النانو لتحليل الحمض النووي والتي تحول تسلسل وحداته مباشرة إلى إشارات كهربية، وباستخدام جزيئات النانو كعوامل للتباين (كبديل عن الصبغة) نحصل على صور بالرنين المغناطيسي والأشعة فوق الصوتية ذات تباين وتوزيع أفضل؛ بل إن جزيئات النانو المضيئة تستطيع أن تساعد الجراح أثناء العملية الجراحية في التعرف على مكان الورم وبالتالي تجعل من عملية استئصاله أمراً أكثر سهولة.

2 /1/ 9 **هندسة الأنسجة:** تستطيع تكنولوجيا النانو أن تساعد في عملية إعادة تصنيع أو إصلاح الأنسجة التالفة؛ فهندسة الأنسجة تستغل عملية تكاثر الخلايا المثارة صناعيا بواسطة

جزيئات النانو وعوامل النمو، وقد تصبح تلك التكنولوجيا في يوم ما بديلا عن نقل الأعضاء أو الأعضاء الاصطناعية، إلا أنه من جهة أخرى تظل هندسة الأنسجة أسيرة الجدال الأخلاقي المتعلق باستخدام الخلايا الجذعية.[52]

2 /2 الكيمياء والبيئة

تلعب تكنولوجيا النانو دورا جليا في كلٍ من عمليتي التحفيز الكيميائي وأساليب الترشيح، حيث توفر المركبات موادا جديدة ذات خصائص وسمات كيميائية محددة، مثل: الجزيئات النانوية ذات البيئة الكيميائية، أو الخصائص البصرية الخاصة، أي أن كل التركيبات الكيميائية يمكن فهمها من خلال مفردات تكنولوجيا النانو، نتيجة قدرتها على تصنيع جزيئات محددة، ومن ثم، تشكل الكيمياء قاعدة أساسية لتكنولوجيا النانو والتي توفر الجزيئات المصممة خصيصا، والبوليمرات بالإضافة إلى العناقيد والجسيمات النانوية.

2/ 2 /1 التحفيز: يستفيد التحفيز الكيميائي من الجزيئات النانوية، وتتراوح التطبيقات المحتملة للجزيئات النانوية في عملية التحفيز من خلايا الوقود إلى المحولات المحفزة والأجهزة التحفيزية الضوئية، كما تظهر أهمية التحفيز في إنتاج المواد الكيميائية. وتعد جزيئات البلاتينيوم= Platinumالآن الجيل التالي من المحولات المحفزة في السيارات، وذلك لأن مساحة سطح الجزيئات النانوية العالية قد تقلص من كمية البلاتينيوم المطلوب،[53] إلا أن هناك بعض المخاوف من التجارب التي تم إجرائها بسبب احتراقها تلقائياً لو اختلط الميثان بالهواء المحيط،[54] في حين أن الأبحاث التي يجريها المركز القومي للبحث العلمي(NCRS) بفرنسا قد تسفر عن وضوح وتحديد الفائدة الحقيقية للتطبيقات الحفازة،[55] هذا بالإضافة إلى أن الترشيح النانوي قد يعد من التطبيقات المهمة في المجال، إلا أنه يجب الحذر مستقبلا من استقصاء إمكانية السمية.[56]

2/2/2 الترشيح: من المتوقع ظهور تأثير للكيمياء الضوئية على كل من عمليات معالجة المياه المستعملة وتنقية الهواء، بالإضافة إلى أجهزة تخزين الطاقة؛ حيث يمكن استخدام الطرق الميكانيكية أو الكيميائية في تطبيق أساليب الترشيح الفعالة، وتُبنى إحدى فئات أساليب الترشيح على استخدام الأغشية ذات أحجام ثقوب ملائمة، مما يسمح بضغط السائل عبر الغشاء، وتعد الأغشية المسامية النانوية ملائمة لعملية الترشيح الميكانيكي ذات المسام متناهية الصغر لما يقل عن 10 نانومترات ("الترشيح النانوي") والتي قد تتكون من أنابيب نانوية غشائية، ويستخدم الترشيح النانوي= Nanofiltration بشكل أساسي في عملية إزالة الأيونات أو فصل السوائل المختلفة، كما يُطلق على أساليب ترشيح الأغشية= Membrane Filtration عملية الترشيح النانوي، والتي تعمل فيما بين أحجام تتراوح بين 10 و100 نانومتر، وتتمثل أحد أهم

تطبيقات الترشيح النانوي في الأغراض الطبية ومنها عملية الغسيل الكلوي. كما توفر الجزيئات النانوية المغناطيسية طريقة معتمدة وفعالة لإزالة ملوثات المعادن الثقيلة من المياه المستعملة من خلال الاستفادة من أساليب الفصل المغناطيسي، وتزيد الجزيئات النانوية من كفاءة القدرة على امتصاص الملوثات بالإضافة إلى أنها بالمقارنة بطرق الترسيب والترشيح التقليدية تعد رخيصة التكلفة؛[57] وقد أثبتت دراسة حديثة أن طرق فصل الأغشية النانوية منخفضة التكلفة فعالة في إنتاج المياه الصالحة للشرب [58].

2 /3 الطاقة

تتمثل أكثر المشروعات تقدما والمرتبطة بمجال الطاقة في: التخزين، التحويل، تحسينات التصنيع بالإقلال من المواد المستخدمة ومعدلات العملية التصنيعية، توفير الطاقة (من خلال أفضل طريقة للعزل الحراري)، وكذلك توفير مصادر متجددة للطاقة، وفيما يلي توضيح لاستخدام تكنولوجيا النانو في الطاقة:

2 /3 /1 **تقليص استهلاك الطاقة:** يمكن التوصل إلى تقليص أقل للطاقة من خلال تطبيق أفضل لأساليب العزل، عن طريق استخدام الإضاءة الكافية أو أساليب الإحراق، واستخدام مواد أقوى في الإضاءة لتستخدم في قطاعات النقل، وتحول اللمبات الضوئية المستخدمة حالياً نحو 5% فقط من الطاقة الكهربائية إلى ضوء؛ إلا أن الأساليب التكنولوجيا النانوية ومنها المصباح الثنائي الباعث للضوء= (LED) Light-Emitting Diode أو الذرات المحددة كميا= (QCA) Quantum Caged Atomsقد تؤدي إلى ترشيد استهلاك الكهرباء لأغراض الإضاءة [59].

2 /3 /2 **زيادة كفاءة إنتاج الطاقة:** تحتوي أفضل الخلايا الشمسية على طبقات للعديد من أشباه الموصلات المكدسة معا، وذلك بهدف امتصاص الضوء في صور عدة للطاقة، إلا أنها ما زالت مصنعة بأسلوب لا يسمح إلا باستخدام 40% فقط من طاقة الشمس، هذا وتتراوح كفاءة الخلايا الشمسية المتوافرة حاليا بين (15: 20%)، إلا أن تكنولوجيا النانو قد تساعد على زيادة كفاءة تحول الضوء من خلال استخدام الهياكل النانوية ذات استمرارية من الحزم ذات الفجوات، والجدير بالذكر أن كفاءة محرك الاحتراق الداخلي تتراوح ما بين (30: 40%)، إلا أن تكنولوجيا النانو قد تحسن من معدل الاحتراق من خلال تصميم محفزات خاصة ذات مساحة سطحية أكبر.[60]

2 /3 /3 **استخدام أنظمة للطاقة أكثر صداقة للبيئة:** تتمثل إحدى نماذج الطاقة الصديقة للبيئة في استخدام خلية وقود تشتعل بواسطة الهيدروجين، والتي تنتج بصورة مثالية من الطاقات المتجددة، ولعل أفضل مادة نانوية مستخدمة بخلية الوقود تتمثل في المحفز المكون من جزيئات المعادن النبيلة المدعومة بالكربون ذات قياسات (1: 5) نانومتر، وتحتوى

المواد المناسبة لتخزين الهيدروجين على عدد ضخم من المسام النانوية الصغيرة، ومن ثم يتم الاستفادة من العديد من المواد النانوية في مجال البحث والتحقيق، كما قد تساهم تكنولوجيا النانو في زيادة تقليص الملوثات المنبعثة من محرك الاحتراق من خلال استخدام مرشحات المسام النانوية، والتي تستطيع تنقية وتنظيف العوادم ميكانيكيا من خلال المحولات المحفزة والقائمة على جزيئات المعادن النانوية أو من خلال المغلفات المحفزة على جدران الأسطوانة والجزيئات النانوية المحفزة والتي قد تستخدم كذلك كإضافات للوقود [61].

2 /3/ 4 **إعادة شحن البطاريات:** نتيجة قلة كثافة الطاقة بالبطاريات بصورة نسبية، فإن وقت التشغيل محدود بالإضافة إلى الحاجة إلى إعادة الإحلال أو الشحن مرة أخرى، هذا بالإضافة إلى أن العدد الضخم للبطاريات والمجمعات المستنفذة تخلق مشكلة في التخلص منها، لذا فإن استخدام البطاريات ذات كمية الطاقة الأعلى بداخلها أو تلك القابلة لإعادة الشحن مرة أخرى أو حتى استخدام المكثفات الفائقة ذات معدلات إعادة الشحن العالية باستخدام المواد النانوية قد تكون مفيدة بصورة واضحة لحل مشكلة التخلص من البطاريات المستهلكة [62].

2 /4 الصناعات الثقيلة

تتمثل الاستفادة الحتمية من تكنولوجيا النانو في مجال الصناعات الثقيلة فيما يلي:

2/ 4 /1 **الفضاء:** يعد الفضاء مجالا حيويا لتطبيقات تكنولوجيا النانو، إذ تخصص وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) أكثر من 40 مليون دولار سنويا لتنفيذ أبحاث وتجارب تهدف إلى استخدام تكنولوجيا النانو في مجال الرحلات الاستكشافية للفضاء الخارجي، وهناك معدات نانوية استخدمت بالفعل خاصة بالأجهزة ومكونات الأقمار الصناعية ومعدات رواد الفضاء، ومن المؤمل أن تتم الإفادة من هذه التكنولوجيا بمجالات بناء الروبوتات صغيرة الحجم، وزيادة قدرة أجسام المركبات الفضائية على تحمل درجات الحرارة العالية، فضلا عن فكرة بناء مسبار بحجم صغير ومجهز بأجهزة استشعار واستكشاف تفوق ما موجود منها الآن وبتكلفة أقل.[63] وقد يسفر استخدام تكنولوجيا النانو عن تقليل وزن الطائرة بدون محرك إلى النصف تقريبا، في حين يتم زيادة قوتها ومتانتها، كما ستقلل تكنولوجيا النانو من كتلة المكثفات الفائقة والتي ستستخدم في توفير القوة للمحركات الكهربائية المساعدة بهدف إقلاع الطائرة بدون محرك عن الأرض المنبسطة إلى التحليق في الأجواء العالية [64].

2 /4/ 2 **الإنشاءات:** يمكن لتكنولوجيا النانو زيادة معدل الإنشاءات عن طريق سرعة إنهائها وبسعر أقل وأكثر تنوعا، حيث قد تتيح تكنولوجيا النانو عملية التشغيل الآلي للإنشاءات التي تمكن من إنشاء هياكل وبنايات تتنوع من المنازل المتقدمة إلى ناطحات السحاب الهائلة وذلك بصورة أسرع وبتكلفة أقل بكثير [65].

2/ 4 /3 **المرشحات:** يمكن عن طريق استخدام تطبيقات تكنولوجيا النانو في المرشحات أو المصافي إزالة والتخلص من أية شوائب في المواد المنتجة سواء الصلب أو الألومنيوم [66].

2/ 4 /4 **تصنيع المركبات:** مثلما يحدث في تصنيع مركبات الفضاء، نجد أن المواد الأخف والأقوى تفيد كثيرا في تصنيع المركبات والسيارات والتي تتسم بالسرعة والأمان، كما تستفيد محركات الاحتراق من الأجزاء التي تتسم بالصلابة والمقاومة للحرارة، وتدخل النانو أيضا في تحسين الزجاج بشكل عام وتحسين زجاج النوافذ بشكل خاص حيث يصبح عالي الشفافية، وذلك باستخدام نوع معين من جسيمات النانو في صناعة نوع من الزجاج يعرف باسم "الزجاج النشط"، حيث أن هذه الجسيمات تتفاعل مع الأشعة الفوق بنفسجية فتهتز؛ مما يزيل الرواسب والأوساخ والغبار الملتصق بالسيارات، كما أن هذه الجسيمات تتميز بأنها تشكل سطحا قابلا للماء مما يجعل تنظيفها أمرا سهلا لدرجة أنه أطلق عليه اسم "زجاج التنظيف الذاتي"؛ ومن مزايا القطع المحسنة المستخدمة في صناعة الأجزاء الداخلية أنها تقلل من استهلاك الوقود، كما أنها ستساعد في صنع محركات نفاثة تتميز بهدوئها وأدائها العالي [67].

2 /5 **السلع الاستهلاكية**

تؤثر تكنولوجيا النانو على مجال استهلاك السلع المختلفة، حيث توفر منتجات ذات وظائف جديدة تتراوح من السهلة- إلى النظيفة – إلى المقاومة للخدش؛ حيث تصبح الملابس بالمعنى البسيط «ذكية"، وذلك من خلال دمج "إلكترونيات قابلة للارتداء"، وتتوافر العديد من السلع المحسنة باستخدام الجزيئات النانوية وبخاصة في مجال مستحضرات التجميل، وفيما يلي أمثلة لهذه التطبيقات:

2 /5/ 1 **الأغذية:** توفر تكنولوجيا النانو مجموعة من الحلول للتحديات الهندسية والعلمية في مجال الأغذية والصناعة الحيوية لتصنيع أغذية آمنة عالية الجودة من خلال استخدام وسائل لها القدرة على التحمل؛ حيث يمكن تطبيق تكنولوجيا النانو في مجالات إنتاج وتجهيز وسلامة وتعبئة الأغذية، فهي قد تحسن عملية التغطية والتغليف باستخدام المكونات النانوية من خلال إضافة عوامل مضادة للبكتريا مباشرة على سطح الشريط المغلف، كما قد تزيد المكونات النانوية أو تقلل من عملية نفاذ الغاز في طبقات الحشو المختلفة وفقا لما هو مطلوب في المنتجات المختلفة، هذا بالإضافة إلى أنها تُحسن من خصائص المقاومة للحرارة والخصائص الميكانيكية، وتقلص من معدل انتقال الأكسجين؛ هذا وتُجرى العديد من الأبحاث بهدف تطبيق تكنولوجيا النانو في عملية الكشف عن المواد الكيميائية والحيوية في الأغذية المختلفة [68].

2 /5/ 2 **الأغذية النانوية:** تعد عملية إنتاج الأغذية الجديدة ضمن مجال المنتجات الاستهلاكية المعتمدة على تكنولوجيا النانو والتي تظهر بالأسواق بمعدل من 3 إلى 4 سلع أسبوعيا، وهذا بناء على ما أورده مشروع تكنولوجيا النانو= on Emerging NanotechnologiestcejorP ،(PEN) والذي اعتمد في تقريره على حصر ما يقرب من 609 منتج نانوي؛ وتتضمن القائمة ثلاثة أطعمة – وهي نوعا من زيوت الكانولا ويطلق عليه (كانولا أكتف أويل= Canola Active

Oil)،[69] ونوعا من الشاي يطلق عليه (نانو تي= Nanotea) بالإضافة إلى مجموعة من شكولاتة الحمية يطلق عليها (نانوسيوتيكال سليم شيك شوكلات=Nanoceuticals Slim Shake Chocolate)، وبناء على معلومات لشركة نشرتها على موقع المشروع الإلكتروني، فإن زيت كانولا والذي تنتجه شركة شيمن الصناعية بإسرائيل= Shemen Industries of Israel يحتوي على مادة مضافة تسمى "نقاط نانوية" والتي صممت لحمل الفيتامينات والمعادن والمواد الكيميائية النباتية عبر الجهاز الهضمي واليوريا، كما أنه بناء على معلومات من مصنع شركة "آر بي سي علوم الحياة= .RBC Life Sciences Inc الأمريكية الصناعية، فإن الموجة تستخدم مكسب الكوكا "كتل نانوية" بهدف دعم وتحسين المزاق والفوائد الصحية للكوكا بدون الحاجة إلى إضافة المزيد من السكر.[70]

2 /5/ 3 **الأدوات المنزلية:** لعل أشهر تطبيق لتكنولوجيا النانو في مجال الأدوات المنزلية هو التنظيف الذاتي أو الأسطح «سهلة التنظيف» على السيراميك أو الزجاج، حيث حسنت جزيئات السيراميك النانوية من نعومة ومقاومة الحرارة للأجهزة المنزلية العامة ومنها المكواة.[71]

2 /5 /4 **البصريات:** تتوافر بالأسواق أول نظارة شمسية تستخدم طلاءات البوليمر الرقيقة جدا والحامية والمضادة للانعكاس، كما توفر تكنولوجيا النانو في مجال البصريات طلاءات سطحية مقاومة للخدش باستخدام مكونات نانوية، هذا بالإضافة إلى أن بصريات النانو قد تسمح بزيادة دقة تصحيح شبكية العين والأشكال الأخرى من جراحات ليزر العين [72].

2 /5/ 5 **الأنسجة:** تستخدم الألياف النانوية بالفعل في تصنيع أقمشة طاردة للمياه والبقع، كما أنها مقاومة للانكماش والتجعد، وقد يتم غسل الأقمشة ذات التشطيب النانوي مرات أقل وعلى درجات حرارة أكثر انخفاضا، في حين استخدمت تكنولوجيا النانو لتكامل ودمج أغشية جزيئات الكربون الصغيرة وكذلك ضمان حماية كامل السطح من التغيرات الكهربائية الساكنة بالنسبة لمرتدي تلك الأقمشة، وقد تم تطوير العديد من التطبيقات الأخرى بالمؤسسات البحثية ومنها معمل أنسجة التكنولوجيا النانوية والموجود بجامعة كورنيل [73].

2 /5 /6 **مستحضرات التجميل:** تتمثل أحد مجالات تطبيقات تكنولوجيا النانو في الواقيات من أشعة الشمس، حيث تعاني طريقة الحماية التقليدية من الأشعة فوق البنفسجية من افتقارها إلى الاستقرار على المدى الطويل؛ إلا أن الواقيات من الشمس القائمة على جزيئات النانو المعدنية ومنها ثاني أكسيد التيتانيوم توفر المزيد من المزايا، حيث يكون لجزيئات أكسيد التيتانيوم النانوي تأثيرا مقارنا في خاصية الحماية من أشعة الشمس فوق البنفسجية كما هو الحال في المواد السائبة، ولكنها تفقد عملية التبييض غير المرغوبة للمستحضرات الأخرى حيث يتناقص حجم الجزيء.[74]

2 / 5 / 7 **الزراعة :** يمكن لتكنولوجيا النانو تغيير قطاع الزراعة وسلسلة إنتاج الغذاء بالكامل، من عملية الإنتاج وحتى عملية الحفظ، والتجهيز، والتعبئة، والنقل وحتى معالجة النفايات؛ حيث يكون لأفكار علوم النانو وتطبيقاته القدرة على إعادة تنظيم دائرة الإنتاج، وكذلك إعادة بناء التجهيزات وعمليات الحفظ، بالإضافة إلى إعادة تعريف المستهلكين بعادات الغذاء؛ هذا بالإضافة إلى أنه يمكن للتطبيقات المختلفة لتكنولوجيا النانو مواجهة التحديات الرئيسية والمرتبطة بمجال الزراعة، مثل: انخفاض الكفاءة الإنتاجية في المساحة المزروعة، وكبر حجم المساحة الغير مزروعة، وتقليص الأراضي القابلة للزراعة، وفقدان الموارد ومنها المياه والمخصبات ومبيدات الحشرات وضياع المنتجات، هذا بالإضافة إلى الأمن الغذائي للأعداد النامية.[75]

من خلال ما تقدم، تتبين لنا الأهمية الكبيرة التي تحظى بها تكنولوجيا النانو في كافة المجالات، فهي الأساس الذي تقوم عليه مختلف الصناعات، ولقد انتقلنا بهذه التكنولوجيا إلى مرحلة جديدة ومهمة، وهي القدرة على إنتاج مواد وأجهزة نانوية متقدمة يتم توظيفها في كل المجالات التطبيقية، ومن المتوقع أن تكون هذه التكنولوجيا الرائدة في كافة المجالات وستتمكن من حل العديد من المعضلات والمشكلات المستعصية في عصرنا الراهن.

المبحث الثالث:
فرص تكنولوجيا النانو في مجال المعلومات والاتصال وتحدياتها

3 / 0 تمهيد

توفر تكنولوجيا النانو مجموعة من التطبيقات البشرية والطبية والأخلاقية والنفسية والقانونية والبيئية، والمرتبطة بالعديد من المجالات ومنها الهندسة، وعلم الأحياء، والكيمياء، والحوسبة، وعلوم المواد، والتطبيقات العسكرية، والاتصالات وغيرها من المجالات التي يصعب حصرها. وهناك العديد من المزايا والفوائد لتكنولوجيا النانو، مثل: تحسين أساليب التصنيع، وأنظمة تنقية المياه، وشبكات الطاقة، وتعزيز الصحة البدنية، الطب النانوي، وتحسين طرق إنتاج الأغذية والتغذية على نطاق واسع والبنية التحتية لصناعة السيارات، هذا بالإضافة إلى أن منتجات تكنولوجيا النانو تتطلب جهد ومساحة أقل، وكذلك صيانة أسهل مع الحصول على جودة إنتاج أعلى وانخفاض في التكلفة مع توفير في المواد والطاقة.

وعلى الرغم من أن جميع المواد التقليدية تعد بمثابة الخامات الأولية المستخدمة في تخليق المواد النانوية، ولكن تتميز المواد النانوية بخواص فيزيائية وكيمائية وميكانيكية فريدة عن المواد التقليدية، وذلك بسبب اتساع مساحة السطح الخارجي للمواد النانوية والتي تعد أهم خاصية لها، حيث توجد علاقة طردية بين تصغير الحجم وعدد الذرات على الأسطح الخارجية لأي جسم، وبسبب تكاثف الذرات على سطح الجسم تتضاعف شدة فاعليته ونشاطه، مما يؤدي

لتغيير الخواص والصفات التقليدية لأي مادة عند وصولها إلى حجم النانومتر، وفيما يلي بعض خواص المواد النانوية:

1. **الخواص الميكانيكية:** تأتي الخواص الميكانيكية على رأس الخواص المستفيدة من تصغير حجم حبيبات المادة ووجود أعداد ضخمة من الذرات على أوجه سطحها الخارجي، حيث ترتفع درجة صلابة المواد الفلزية وسبائكها، وتزيد مقاومتها لمواجهة الإجهادات والأحمال الواقعة عليها، كما يتم إكساب المواد السيراميكية قدرا كبيرا من المتانة والقابلية للتشكيل، وهذا يعنى تخليق أنواع جديدة من تلك المواد.[76]
2. **الخواص الكيميائية:** يزداد النشاط الكيميائي للمواد النانوية لوجود أعداد ضخمة من ذرات المادة على أوجه أسطحها الخارجية، حيث تعمل كمحفزات تتفاعل بقوة مع الغازات السامة، مما يرشحها لأن تؤدي دورا في الحد من التلوث البيئي، كما تعد خلايا الوقود أحد التطبيقات قليلة التكلفة للمحفزات النانوية، ومن أهم مصادر الطاقة الجديدة والنظيفة.[77]
3. **الخواص الفيزيائية:** تتأثر قيم درجات انصهار المادة بتصغير أبعاد حبيباتها، فدرجة انصهار الذهب في حجمه الطبيعي التي تصل إلى 1064 درجة حرارة، تقل إلى 500 درجة بعد تصغير حبيباته إلى نحو 1.35 نانومتر.[78]
4. **الخواص البصرية:** يتغير لون الذهب الطبيعي) الأصفر الذهبي (إلى لون شفاف عند تصغير حبيباته إلى أقل من 20 نانومتر ،كما تتحول ألوانه من الأخضر إلى البرتقالي ثم الأحمر مع زيادة تصغير أحجامها ،وهذه الخاصية تمكننا من صناعة شاشات عالية الدقة فائقة التباين ونقاء الألوان ،مثل شاشات التلفاز والحاسبات والهواتف المحمولة الحديثة.[79]
5. **الخواص المغناطيسية:** كلما صغرت حبيبات المواد وتضاعف وجود الذرات على أسطحها الخارجية، كلما ازدادت قوة وفاعلية قدرتها المغنطيسية، مما يمكن استخدامها في المولدات الكهربية الضخمة، ومحركات السفن، وصناعة أجهزة التحليل فائقة الدقة، والتصوير بالرنين المغناطيسي.[80]
6. **الخواص الكهربية:** يؤدي تصغر أحجام حبيبات المواد إلى أقل من 100 نانومتر إلى تزايد قدرتها على توصيل التيار الكهربي، بما يمكن من استخدام هذه المواد في صناعة أجهزة الحساسات الدقيقة والشرائح الإلكترونية.[81]
7. **الخواص البيولوجية:** زيادة قدرة المواد النانوية على النفاذ واختراق الموانع والحواجز البيولوجية، وتحسين التلاؤم والتوافق البيولوجي، مما يسهل وصول الأدوية والعقاقير العلاجية للجزء المصاب عبر الأغشية والأوعية الدموية.[82]

إلا أن المخاطر قد تكون مرتبطة بالمجالات البيئية والصحية، وقضايا السلامة والآثار السلبية للجسيمات الدقيقة التي يتم دراستها حاليا؛ والآثار الانتقالية مثل النزوح من الصناعات

التقليدية وهيمنة منتجات تكنولوجيا النانو؛ التطبيقات العسكرية مثل الأسلحة البيولوجية، والمراقبة من خلال مجسات النانو، والتي تثير قلق المدافعين عن حقوق الخصوصية.
وهناك جدل حول ما إذا كان موضوع تكنولوجيا النانو خاص بالتنظيمات الحكومية، والهيئات التنظيمية، كوكالة حماية البيئة الأمريكية ومديرية الصحة وحماية المستهلك التابعة للمفوضية الأوروبية والتي قد بدأت التعامل مع المخاطر المحتملة لهذه التكنولوجيا المثيرة للجدل، ومن الجدير بالذكر أن العالم العربي يفتقر إلى هذه المؤسسات. كما كان لقطاع الأغذية العضوية السبق في التعامل مع الاستبعاد المنظم للجسيمات النانوية من عملية الإنتاج العضوية المعتمدة في كل من أستراليا والمملكة البريطانية المتحدة. وستحاول الباحثة فيما يلي تحليل فرص تكنولوجيا النانو مع التركيز على قطاع تكنولوجيا المعلومات والاتصالات والتحديات التي تواجهها:

3 /1 الفرص التكنولوجية وتحدياتها

إن تكنولوجيا المعلومات والاتصالات قطاعا مهما وسريع النمو والتطور في القطاع الصناعي كما يتضمن نسبة عالية من الإبداع، ولقد أُحرز تقدما هائلا من خلال الانتقال من الإلكترونيات التقليدية إلى إلكترونيات تكنولوجيا النانو، فلد خلقت تكنولوجيا النانو تغيرا هائلا في مجال تكنولوجيا المعلومات والاتصالات، ويمكن الاختراق لتكنولوجيا النانو في مجال المعلومات والاتصالات بطريقتين:

1. **الخطوة الأولى:** هي طريقة التصغير من أعلى إلى أسفل والتي تنقل التركيب المجهري أو الميكرو التقليدي إلى حدود تكنولوجيا النانو.
2. **الخطوة الثانية:** ستظهر على المدى الطويل إلكترونيات النانو من أسفل إلى أعلى باستخدام تكنولوجيا خاصة مثل عملية التنظيم الذاتي لتجميع الدوائر والنظم معا.[83]

هذا وتتمثل تطبيقات تكنولوجيا النانو في مجال المعلومات والاتصالات في النقاط الرئيسية الآتية:

3 / 1 / 1 تخزين الذاكرة

تتنافس الشركات الكبرى المتخصصة في تصنيع الحاسبات الآلية، على تحقيق إنجازات مهمة في هذا المجال بالاعتماد على تكنولوجيا النانو، ويمكن تحديد الاتجاهات التطويرية على الحاسبات الآلية في خمس اتجاهات رئيسية هي:[84]

1. زيادة سرعة المعالجات بالاعتماد على الموصلات الضوئية وخفض معدل استهلاك الطاقة والانبعاث الحراري.
2. زيادة السعة التخزينية لذاكرة الوصول العشوائي= RAM مع قدرتها على الاحتفاظ بالبيانات حتى بعد انفصال مصدر الطاقة، وذلك عن طريق ذاكرة الوصول العشوائي المغناطيسية= Magnetic Random Access Memory (MRAM) التي توفر إمكانية تقاطع النفق المغناطيسي

بمقياس النانو متر، والتي يمكنها حفظ البيانات المشفرة بسرعة وفعالية حتى أثناء إيقاف تشغيل النظام أو تعطله، مع إمكانية الاستعادة للألعاب وتجميع البيانات.

3. زيادة معدل الاحتفاظ بالطاقة لبطاريات أجهزة الحاسب والهاتف المحمول، مع تحسين شاشات العرض، حيث تحتوي عارضات التليفزيونات الحديثة والحاسبات المحمولة، والهواتف المحمولة، والكاميرات الرقمية، والأجهزة الأخرى على أفلام بوليمر ذات بنية نانومتريه معروفة باسم الصمامات الثنائية المضية العضوية= Organic Light-Emitting Diodes (OLEDs)، حيث تعرض شاشات الصمامات صورا أكثر إضاءة بالإضافة إلى زوايا رؤية أوسع، ووزن أخف، وأفضل كثافة للصورة، وانخفاض في استهلاك الطاقة، وأطول عمرا.

4. إنتاج وسائط تخزين بيانات بسعات تخزينية هائلة، حيث يمكن لترانزستور مقياس النانو= Nanoscale Transistors تخزين ذاكرة الحاسب بأكملها على شريحة صغيرة واحدة، وتتميز بسرعتها وقوتها مع توفير في الطاقة.

5. التطبيقات الأخرى المتمثلة في المنتجات الإلكترونية، مثل: رقائق ذاكرة الفلاش لآي بود نانو= iPod nanos؛ وأدوات سمعية عالية الحساسية؛ وأغطية واقية مضادة للميكروبات والجراثيم مصممة للفأرة ولوحة المفاتيح والهواتف المحمولة؛ والأحبار الموصلة للإلكترونيات المطبوعة لترددات الراديو= RFID والبطاقات الذكية والحزم الذكية؛ ألعاب فيديو أكثر حيوية مشابهة للواقع؛ وعارضات مرنة لقارئات الكتب الإلكترونية.

والجدير بالذكر إن زيادة القدرة على إيصال المعلومات في الدوائر الكهربائية، هي أحد أكبر التحديات التي تواجه مصممي الدوائر الكهربائية؛ فالرغبة المستمرة في زيادة معدلات السرعة، غالبا ما تؤدي إلى زيادة الناتج الحراري، بسبب ازدياد مرور الإلكترونات في الدوائر الكهربائية، الأمر الذي قد يؤدي إلى «احتراق» الدائرة بكاملها، إذا لم يتم تبريدها بشكل مدروس؛ وأحد أكبر المشاكل التي تحد من تطور المعالجات والذاكرة في الحاسوب، هي ظاهرة انتقال الإلكترونات من مسارها إلى مسار آخر، عند تقليص حجم الدائرة الكهربائية، فالتقنيات المستخدمة اليوم تعتمد على معدل تصغير تبلغ 90 و65 نانو متر في التصميم، مع هذا يواجه المصممين ظاهرة انتقال الإلكترونات من مسار ما إلى آخر، بسبب التنافر الكهربائي بينها وبين إلكترونات أخرى قريبة.

لذا فان إمكانية التصغير ممكنة لمعالجات الحاسبات الآلية، لكن استخدام الموصلات الكهربائية تقف عائقا أمامها، وعليه تتجه التجارب اليوم إلى محاولة استبدال الموصلات الكهربائية بأخرى ضوئية، إلا إن السرعة الفائقة للضوء يصعب التحكم بها، ولا يمكن الإفادة من الضوء في عملية تناقل البيانات ما لم يتم التحكم بسرعته، لذا فقد قام باحثون يعملون في شركة آي بي إم= IBM وهم (يوري فلاسوف، ومارتن أوبويل، وهيندريك هامان، وشاري مكناب) بالعمل على برنامجها

"إبطاء وتخزين ومعالجة الضوء" = Slowing، Storing and Processing Light للاقتراب أكثر من حلم استبدال الكهرباء بالضوء في إيصال سيل المعلومات بين أجزاء الدوائر.[85]

وسيؤدي هذا الأمر إلى تطورات جذرية في أداء الحاسب الآلي وكل الأنظمة الإلكترونية الأخرى، والاستغناء عن الأسلاك في أجهزة الحاسب الآلي، فالباحثون استطاعوا إبطاء سرعة الضوء إلى 1/300 من سرعته المعتادة، عن طريق تمريره في قنوات من السليكون المصنع بعناية بالغة، يسمى موجات الكريستال الفوتوني= Photonic Crystal Waveguide (PCW) وهي شريحة رقيقة من السليكون «منقطة» بمجموعات من الثقوب، تغير من مسار الضوء المار بها، يسمح هذا التصميم للقنوات بتغيير سرعة الضوء، عن طريق تمرير تيار كهربائي إلى موجات الكريستال الفوتوني.[86]

والجدير بالذكر أن فكرة إبطاء الضوء كانت قد تحققت سابقا في ظروف مختبريه، إلا إن الجديد في الموضوع، هو أنه أصبح بالإمكان التحكم بسرعة الضوء على شرائح سيليكون باستخدام وسائل تصنيعية تعتمد على تكنولوجيا النانو، وحجم هذا الجهاز الذي استطاع العلماء تصنيعه صغير جدا، ويمكن استخدام المواد شبه الموصلة فيه وهي المواد التي تُستخدم عادة في تصنيع الدوائر الكهربائية، ولها القدرة على التحكم بسرعة الضوء أو إبطائه، في هذه الحالة يمكن صنع الدوائر الضوئية= Optical Circuits، والتي يتوقع لها أن تكون في غاية الصغر مقارنة بالدوائر الإلكترونية الحالية وأكثر استقرارا.

ولتحقيق هذا الإنجاز تتجه الأبحاث اليوم إلى إنتاج تقنيات نانوية، توفر تحكما كاملا بإشارات الضوء، على أن تبقى تكلفة تصنيعها قليلة نسبيا فضلا عن صغر حجمها، ويعد استخدام موجهات موجات الكريستال الفوتوني، البديل الأمثل لاحتوائها على معامل انحراف عالي للضوء بسبب وجود أنماط من مجموعات الثقوب فيها، فكما ازداد معامل الانحراف، قلت سرعة الضوء الخارج منها، وبزيادة حرارة موجهات موجات الكريستال الفوتوني عن طريق تمرير تيار كهربائي فيها، يتم تغيير معامل الانحراف، الأمر الذي يغير من سرعة الضوء الخارج من الثقوب، باستخدام قدرة كهربائية قليلة.

ومن أهم الإنجازات التي تحققت في هذا المجال إنتاج شركة نانترو= Nantero لجيل جديد من ذاكرة الوصول العشوائي= Random Access Memory (RAM) أطلق عليها اسم NoNvolatile– Random Access Memory (NRAM)، وهذه الذاكرة ستكون أسرع من ذاكرة الوصول العشوائية الديناميكية(Dynamic Ram (DRAM = وأقل استهلاك للطاقة، ولها القدرة على تحمل مختلف الظروف البيئية، مثل: ارتفاع درجات الحرارة والبرودة أو التأثيرات المغناطيسية، كما أنها ذاكرة غير متطايرة إذ تحتفظ بالمعلومات المسجلة عليها حتى مع انفصال مصدر الطاقة عنها، هذا ويمكن استخدام هذه الذاكرة في أجهزة الحاسبات الآلية والروبوتات، وتساعد كثافتها

العالية على استخدامها في حفظ ملايين المقطوعات من التسجيلات الصوتية بخاصية MP3، فضلا عن إمكانية استخدامها في أجهزة الهاتف المحمول، ويمكن الإفادة من سعتها التخزينية الهائلة التي تبلغ أكثر من 1000G في خوادم الشبكات.[87]

3 /1/ 2 أجهزة أشباه الموصلات الجديدة

اعتمدت إحدى تلك الأجهزة على حقل البحث التجريبي الفيزيائي "الدوران الإلكتروني"، حيث يُطلق على اعتماد مقاومة المادة (بسبب دوران الإلكترونيات) على المجال الخارجي للمقاومة المغناطيسية العملاقة= GMR – Giant Magneto–Resistance، ويمكن زيادة هذا التأثير بصورة هائلة عن طريق الأجسام النانونية، مثلما هو الحال عندما يتم فصل طبقتين من الحديد المغنط باستخدام طبقة نانوية مغناطيسية، والتي يتسم سمكها بأنه نانوي المقياس ومنها(Co–Cu–Co) .[88] هذا وقد نتج عن هذه المقاومة المغناطيسية العملاقة زيادة قوية في كثافة تخزين البيانات على الأقراص الصلبة وأتاحت الفرصة لاستخدام مدى الجيجا بايت. ويتشابه نفق المقاومة المغناطيسية= Tunnelling Magnetoresistance (TMR) مع المقاومة المغناطيسية العملاقة، حيث تكمن فكرة عمله في النفق الناتج من دوران الإلكترونات عبر الطبقات الحديدية المغنطة المتجاورة، هذا ومن المتوقع استخدام نتائج المقاومة المغناطسية العملاقة ونفق المقاومة المغناطيسية في إنتاج ذاكرة حاسب آلي ثابتة، ومنها ما يطلق عليه ذاكرة الوصول العشوائي المغناطيسية= MRAM.[89]

أما في عام 1999م فقد أختبر ترانزستور سيموس= CMOS transistor، والذي طُور بمعمل الإلكترونيات وتكنولوجيا المعلومات بجرينوبل بفرنسا= Laboratory for Electronics and Information Technology in Grenoble، France، حدود المبادئ الخاصة بترانزستور موسفت= MOSFET ذات قياس 18 نانومتر (والتي وصلت إلى 70 ذرة تقريبا وضعت بجانب بعضها البعض)، حيث كان حجم ذلك الترانوستور عُشر حجم ترانزستور صناعي صُنع عام 2003م[90]. حيث أنه يوفر إمكانية التكامل النظري لسبعة بلايين تقاطع على عملة الجنية الإسترليني، وبذلك أمكن العمل في المجال الجزيئي، حيث يصعب التمكن من التجميع المنسق لعدد كبير من هذه الترانزستورات في دائرة واحدة، كما أنه سيكون من الصعب كذلك صناعة مثل تلك الدائرة على الصعيد الصناعي.[91]

هذا وتأتي أهم التحديات التي تواجه عملية التصغير= miniaturization من احتمالية حدوث أخطاء كبيرة من الدوائر المتكاملة الحديثة، والتي تظهر أو تنتج من الغبار أو غيرها من الشوائب، لذا فهي لحاجة إلى تنظيف مستمر في عملية الصناعة مما يكلف مبالغ طائلة. كما يتمثل التحدي الثاني في إيجاد طريقة لتصميم نظم حاسب آلي لكي لا يحدث خطأ واحد في الدائرة المتكاملة مثلما يحدث الآن والذي يؤدي عادة إلى هلاك النظام بأكمله، لذا يمكن للتراكيب استخدام الاختبار الذاتي والتكرار للبقاء مع نسبة أعلى من الأخطاء. ومن المفاهيم الأساسية استخدام طرق مختلفة لتخزين المعلومات

ومعالجتها من منطق أشباه الموصلات الحالية، والتي تعتمد على شحن الإلكترونات فقط، وهذه تتطلب مواد ذات خصائص شبه موصلة ومغناطيسية تتحكم في مقاييس النانو.[92]

3/1/3 الأجهزة البصرية الإلكترونية الجديدة

تحل الأجهزة البصرية أو الإلكترونية البصرية محل الأجهزة التناظرية الإلكترونية التقليدية في تكنولوجيا الاتصالات الحديثة نتيجة عرض نطاقها الترددي وتزايد قدرتها وكفاءتها، ومنها البلورات الضوئية= Crystals cinotohP والنقاط الكمية= DotsmutnauQ ؛ حيث تعد البلورات الضوئية موادا ذات اختلاف دوري في مُعامل الانكسار مع شعرية ثابتة يصل طولها إلى نصف الطول الموجي للضوء المستخدم، مما يجعلها تسمح بتوفير وعرض فجوة حزمية اختيارية لانتشار طول موجة محدد، ومن ثم فهي تتشابه مع شبه الموصلات، ولكن في مجال الضوء أو الفوتونات بدلاً من الإلكترونيات، في حين تعد النقاط الكمية أجسام نانوية والتي يمكن استخدامها فيما بين العديد من الأشياء الأخرى لإنتاج أشعة الليزر، ويتميز استخدام ليزر النقاط الكمية عن ليزر شبه الموصل التقليدي في اعتماد طول الموجة المنبعثة على قطر النقطة، كما أن الليزر المنتج بواسطة النقاط الكمية يكون أوفر في التكلفة ويوفر جودة إشعاع أفضل وأعلى من ثنائيات الليزر التقليدية [93].

كما يمكن استخدام مجاهر المجس الماسح كأداة لنقل المعلومات وتخزين البيانات وحفظها، والتي تتمثل في نظام شركة آي بي إم والذي يطلق عليه الدودة الألفية= 'millipede'، والذي يوظف مجموعة من رؤوس مجهر القوة الذرية لعمل ثقوب في البوليمر ومن ثم يمكن قراءتها، مثلما يقرأ الليزر الأقراص الضوئية لكن في نطاق أصغر وبكثافة أعلى بكثير من المعلومات.[94]

3/1/4 العارضات (شاشات العرض)

توفر تكنولوجيا النانو إمكانية إنتاج عارضات مختلفة مع استهلاك أقل في الطاقة باستخدام الأنابيب النانوية الكربونية= nobraC، Nanotubes(CNT) هذا وتتميز الأنابيب النانوية الكربونية بقدرتها العالية على التوصيل للكهرباء وصغر قطرها الذي يصل إلى بضعة نانومترات، لذا يمكن استخدامها في البث بكفاءة على نطاق انبعاث العارضات= Emission DisplaysdleiF (FED)، ويتشابه مبدأ عملها مع أنبوب أشعة المهبط، إلا أنه أصغر بكثير من ناحية قياس الطول [95] وعلى الرغم من أن توقيت ظهور هذه التطبيقات غير معروف، إلا أن تكنولوجيا النانو تساهم في زيادة القدرة على تخزين البيانات وسرعات المعالجات.

3/1/5 الحاسب الكمي

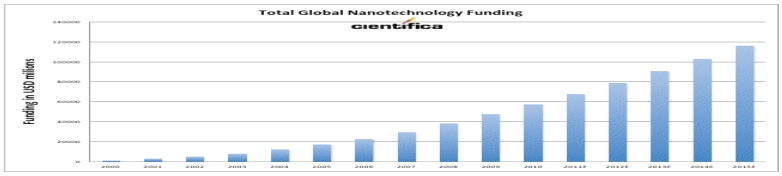
هو حاسب آلي يعتمد على مبادئ ميكانيكا الكم وظواهرها، مثل حالة التراكب الكمي= Quantum Superposition والتشابك الكمي= Quantum Entanglement، للقيام بمعالجة البيانات في الحاسبات

التقليدية، والجدير بالذكر أنه يتم قياس كمية البيانات بالحاسبات التقليدية بالبت، في حين تُقاس البيانات في الحاسب الكمي بالكيوبت= qubit أي النقاط الكمية= Quantum bits ويكمن الهدف من وراء استخدام هذا النوع من الحاسبات هي الاستفادة من الخواص الكمية للجسيمات لتمثيل البيانات ومعالجتها، إضافة لاستخدام قواعد ميكانيكا الكم لبناء وتنفيذ التعليمات والعمليات على هذه البيانات [96].

ومن التحديات التي تواجه الحاسبات الكمية هي إيجاد نظم فيزيائية التي يمكن عن طريقها التنفيذ، وللحفاظ على ملامح التماسك التي يعتمد عليها المزايا الثابتة لميكانيكا الكم، فيجب عزل النظام عن الاضطرابات من العالم الخارجي، بينما مثل هذه الاضطرابات مطلوبة للحصول على مدخلات الحاسب الآلي ومخرجاته. لكن من المتوقع توفير التحكم الدقيق في تفاعلات مقياس النانو بين النظم عن طريق مختبر النانو= The Nano-Scratch Tester، كما ستبث النقط الكمية جدارتها وأهميتها. [97]

3 / 2 الفرص الاقتصادية وتحدياتها

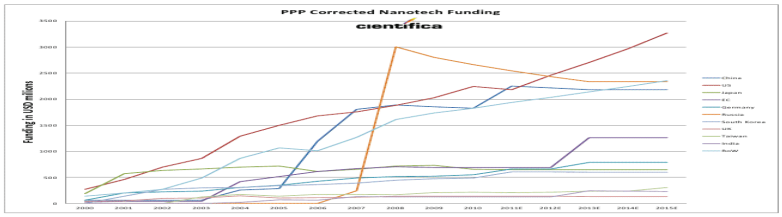
لقد تنامى الاهتمام العالمي بتكنولوجيا النانو منذ عام 1986م إذ رصدت العديد من الدول ميزانيات ضخمة للأبحاث والتجارب في مجال تكنولوجيا النانو، رغبة منها في تحقيق السبق العلمي وامتلاك قاعدة التصنيع في هذا المجال الحيوي، ومن المرجح أن تهيمن تكنولوجيا النانو بتطبيقاتها المتعددة على الاقتصاد العالمي خلال السنوات العشر القادمة، فإنه من المنتظر أن يمثل اقتصاد هذه التكنولوجيا قوة هائلة تفوق في حجم استثماراتها مجموع الاستثمارات العالمية في كل الصناعات الأخرى مجتمعة، فوفقا للدراسات التي أجرتها المؤسسة الوطنية للعلوم في الولايات المتحدة الأمريكية، فإن حجم الاستثمار الذي سيقوم على تكنولوجيا الناتو خلال الخمس سنوات القادمة سيصل إلى تريليون دولار أمريكي، هذا بينما تتوقع الدراسات اليابانية أنه سوف يتخطى هذا الرقم بكثير ليصل إلى نحو 3.5 تريليون دولار، هذا وقد حرص زعماء دول العالم على توفير مخصصات مالية كبيرة لتعزيز البرامج البحثية النانوية، حيث يرون أن تلك التكنولوجيا تمثل الملاذ الأخير للبشرية في الخلاص من همومها ومشاكلها التي عجزت التكنولوجيا الأخرى عن إيجاد حلول عملية لها، لذا، فقد كان لزاما عليها أن تنفق بسخاء على برامج ومراكز التميز لعلم وتكنولوجيا النانو، فقد وصل الإنفاق العالمي خلال الفترة من 2000م: 2008م نحو 35 مليار دولار، كما وصل التمويل الحكومي مع نهاية عام 2011م (65) بليون دولار ومن المتوقع أن تصل إلى (10) بليون دولار عام 2014م، وفيما يلي توضيح لمعدل التمويل العالمي لتكنولوجيا النانو، مع توضيح معدل التمويل طبقا للدول في الشكلين التاليين: [98]



Cumulative global funding of nanotechnologies (source: Cientifica Ltd 2011)

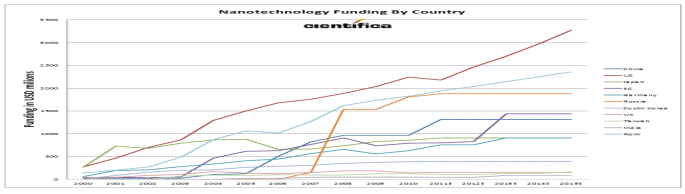
China's Nanotech Funding Surpasses US in 2011

With US government funding of nanotechnology receding slightly in 2011, this marks the first time in Purchasing Power Parity (PPP) estimates that China will spend more than the US in funding of nanotechnology.



Cientifica Ltd — Global Funding, July 2011

شكل رقم (1) معدل التمويل التراكمى الدولى لتكنولوجيا النانو



Funding of nanotechnologies by country (source: Cientifica Ltd 2011)

This year, according to our estimates, in PPP terms China will spend US$2.25 billion in nanotechnology research while the US will spend US$2.18 billion. However, in real dollar terms, adjusted for currency exchange rates, China is only spending about US$1.3 billion to the US' s$2.18 billion.

But China is not the first country to outspend the United States. Japan and Russia have also managed to snatch a temporary lead before falling back. In absolute terms the United States still comprehensively outspends everyone else.

A clear trend is emerging: while nanotechnology research spending in Europe and North America is still rising, the fast growth rates are seen in Asia.

Asian investment in nanotechnologies was poised to be largest in the world until RusNano was formed with its huge budget.

Cientifica Ltd — Global Funding, July 2011

شكل رقم (2) معدل التمويل التراكمي الدولي لتكنولوجيا النانو طبقا للدول

وسوف تسهم تلك التوجيهات العالمية من خلال الدعم وتشجيع البحث العلمي في الكشف عن المزيد من المجالات التطبيقية ذات الفائدة للإنسان والبيئة وجوانب التكنولوجيا الحيوية المختلفة التي تعد في الوقت الحالي صمام الأمان في زيادة الموارد الطبيعية وتطوير التنمية المستدامة والدفع إلى الأمام وبما يحقق الأمن المعيشي والصحي والغذائي للإنسان.

كما تتربع تكنولوجيا النانو على قائمة الاهتمامات العلمية والبحثية في جميع دول العالم، حيث قامت 52 دولة خلال الفترة من 2000م: 2009م بتأسيس وحدات علمية ومعاهد بحثية وصل عددها إلى (24.468)، وشاركت (156) دولة في نشر بحوث علمية، وإصدار دوريات متخصصة، هذا بالإضافة إلى ما يشهده العالم اليوم من سباق بشان تنظيم مؤتمرات دولية، وندوات وورش

عمل عن تكنولوجيا النانو، فلا يخلو يوم من عقد ندوة أو تنظيم مؤتمر، وهكذا فرضت تكنولوجيا النانو نفسها على المجتمع العلمي لأنها التكنولوجيا الوحيدة القادرة على دمج العلوم الأساسية، وكثير من التقنيات المتقدمة وصهرها في بوتقة واحدة، وقد أدى تطبيق تقنيات تكنولوجيا النانو بالقطاعات الصناعية إلى تطوير في مفهوم وفلسفة الإنتاج والتصنيع، مما انعكس بالإيجاب على خواص وصفات وأسعار هذه المنتجات والسلع، وقد كان لذلك أبلغ الأثر في أن ترتبط هذه المنتجات بمعاني الإبداع والانفراد، وأن تحمل في طياتها صفات الجودة والتميز، وكلنا نلحظ هذا الرواج التجاري المتزايد في مبيعات الأجهزة المحمولة من الهواتف والحاسبات الآلية، وأجهزة تسجيل وتشغيل الموسيقي والأفلام، القادرة على تخزين كم هائل من تلك الملفات في أحجام صغيرة من الأجهزة، التي أصبحت في متناول عدد كبير من المستفيدين لما تتمتع به من رخص ثمنها.

وقد أدت النتائج الواعدة والمشجعة لتطبيقات النانو، إلى أن يضعها البرنامج الإنمائي للألفية الثالثة التابع للأمم المتحدة في تقريره لعام 2005م كتكنولوجيا أولى، ومعول رئيسي لتحقيق أهداف التنمية والتعمير والتخفيف من حدة المشاكل الناتجة عن الفقر والمرض، ولم يقتصر "المد النانوي" على الدول المتقدمة، بل امتد ليصل إلى العالم كله، خاصة الدول النامية التي وجدت في هذه التكنولوجيا السبيل من أجل حل كثير من مشاكلها التي عجزت عن إيجاد حلول لها بالتكنولوجيات التقليدية، فمن المؤكد أن تؤدي تطبيقات النانو في المساهمة الفعالة في تخفيف حدة الفقر والبطالة، بتوفير فرص عمل لعدد كبير من شباب الخريجين، حيث يمكن توظيف منتج واحد في أكثر من تطبيق، وبتكلفة منخفضة لتصنيع سلع عالية القيمة، منخفضة السعر، لا يتخلف عنها إلا قدر قليل من الملوثات البيئية.

وعلى الرغم من أننا نشهد اهتمام العديد من الدول النامية بأبحاث وتطبيقات تكنولوجيا النانو، فقد ارتفع مؤشر النشر العلمي للدول الصاعدة من قارة أسيا إلى نحو ثلث المنشور على مستوى العالم خلال الفترة من 2000م: 2008م، نجد تدني الدول العربية عن ساحة النشر العلمي المكثف في هذا المجال، حيث بلغت مساهمتها في الإنتاج البحثي العالمي نحو 0.65%، وهو لا يعادل ما نشرته إيران، وأقل من ثلث الأوراق العلمية التي نشرتها إسرائيل خلال نفس الفترة،[99] وسيظل الخطر الحقيقي الذي يمكن تداركه، هو أن استمرار تخلفنا عن الدخول في هذه التكنولوجيا الجديدة، قد يضاعف تخلفنا ويجعلنا خارج مسار التاريخ الإنساني بعد أن تخلفنا عن الدخول في التكنولوجيا الأخرى التي لم نلحق بها. كما تفاقمت في دول الخليج العربي العديد من المشكلات الصحية والبيئية بالإضافة إلى مخلفات الصرف الصحي والنفايات المختلفة وزيادة التلوث بالنفط ومشتقاته والتلوث المائي والهوائي والغذائي والإشعاعي، وتلك المشكلات تحتاج في الوقت الراهن إلى البحث والتقصي في المجالات البحثية المختلفة.

3/3 الفرص الاجتماعية وتحدياتها

إن لتأثيرات تكنولوجيا النانو تأثيرات اجتماعية بغض النظر عن مخاطر التلوث على الصحة البشرية والبيئة المصاحبة للجيل الأول من المواد النانوية، كما تفرض تحديات اجتماعية مما أدت إلى اقتراح علماء الاجتماع بضرورة فهم تكنولوجيا النانو وتقييمها، مع وضع تصنيف لهذه التحديات ووضعها مجال البحث ومن ثم اتخاذ القرارات المرتبطة بها، وذلك بهدف ضمان التقدم التكنولوجي الذي يلبي الأهداف الاجتماعية، وهناك عدة تقسيمات للقضايا الاجتماعية، وفيما يلي تقسيمين شاملين من بين هذه التقسيمات، التقسيم الأولى يوضح القضايا الاجتماعية لتكنولوجيا النانو في النقاط الخمسة الرئيسية الآتية: [100]

1. القضايا المتعلقة بضمان تطوير تكنولوجيا النانو لإمكاناتها المتعددة من حيث: نقل التكنولوجيا؛ العلاقة بين الشركات، والحكومات والجامعات؛ المؤسسات الاستثمارية؛ المبادرات.
2. القضايا المتعلقة بالوعي الاجتماعي والمشاركة في العلم: وتتمثل في دور الجمهور في تشكيل سياسة العلم؛ ادراك احتياجات المستفيدين للتقدم التكنولوجي؛ ودور أماكن العمل والمنظمات غير الحكومية ومجموعات المستهلكين في العمليات الديمقراطية؛ والقضايا الأخلاقية.
3. القضايا الاجتماعية والاقتصادية المتزامنة مع تكنولوجيا النانو: وتتمثل في تسويق العلم؛ مشكلة الابتكار في المملكة المتحدة؛ والملكية الفكرية؛ إدارة المخاطر وتنظيمها؛ الخصوصية ونمو المعلومات وملكيتها والتحكم فيها؛ والتقادم.
4. القضايا المتعلقة بأي تقنية جديدة: إدارة طبيعة المشاكل غير المتوقعة؛ التنمية التنظيمية؛ إدارة التغيير؛ صديقة المستفيد؛ المهارات المطلوبة لإنتاج التكنولوجيا الجديدة واستخدامها.
5. القضايا الخاصة بتكنولوجيا النانو: الاعتماد في تطورها على العلوم البينية متعددة التخصصات والهندسة؛ والمخاطر الجديدة المحتملة؛ وواجهة الإنسان- الآلة- الطبيعة؛ والقضايا الأخلاقية المتعلقة بالقطع الأثرية التي تجمع بين العناصر الحية والصناعية.

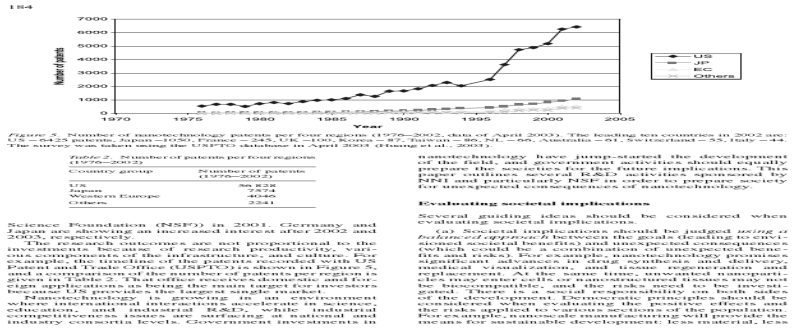
أما التقسيم الثاني فيقسمها إلى ثلاثة عناصر أساسية، وهي التطبيقات العسكرية، والملكية الفكرية، والعدالة الاجتماعية والحريات المدنية، وفيما يلي توضيح مفصل لهذه التقسيمات:

3/3/1 فرص التطبيقات العسكرية وتحدياتها

تتضمن المخاطر الاجتماعية لتكنولوجيا النانو التطبيقات العسكرية لتعزيز ودعم المجندين كما حدث في معهد تقنيات النانو للمجندين بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا =Institute for Soldier Nanotechnologies at MIT [101] وكذلك تعزيز قدرات المراقبة من خلال محسات النانو،[102] كما يمكن استخدام تكنولوجيا النانو في تطوير الأسلحة الكيماوية، إلا أن النقاد يخافون أن تصبح الأسلحة الكيماوية المطورة باستخدام الجسيمات النانوية أكثر خطورة من الأسلحة الكيماوية المتوافرة حاليا، ذلك بسبب قدرة تلك الأسلحة على تطوير المواد الكيماوية من أحجام الذرة [103].

3 / 3 /2 فرص الملكية الفكرية وتحدياتها

أشار النقاد إلى عالم جديد من الملكية وسيادة الشركات بواسطة تكنولوجيا النانو، فمثلما تتعامل التكنولوجيا الحيوية مع الجينات، وتتضمن براءات اختراع لحفظ الحق في الاختراع، فإن قدرة تكنولوجيا النانو على التعامل مع الجزيئات قد أسفر عن وجود الكثير من براءات الاختراع للمواد، وقد شهدت الأعوام القليلة الماضية طفرة هائلة في الحصول على براءات اختراع في مجال تكنولوجيا النانو، حيث تم منح ما لا يقل عن 800 براءة اختراع في مجال تكنولوجيا النانو خلال عام 2003م، كما أن الأرقام تتزايد عاما بعد آخر، ومن الدول الرائدة في عدد براءات الاختراع عام 2002م (6425) براءة اختراع بالولايات المتحدة، و(1050) اليابان، و(245) فرنسا، (100) المملكة المتحدة، (87) كوريا، و(86) تايوان، (61) أستراليا، (55) سويسرا، (44) إيطاليا.[104]



شكل رقم (3) براءات الاختراع لتكنولوجيا النانو في الولايات المتحدة واليابان والدول الأخرى[105]

لذا تسعى الشركات المختلفة حاليا للحصول على براءات اختراع واسعة المجال بالإضافة إلى الاكتشافات النانوية المتنوعة، ومثال على ذلك: حصول شركتي إن إي سي= NEC وآي بي إم= IBM على براءات الاختراع في مجال الأنابيب النانوية الكربونية، وللأنابيب النانوية الكربونية عدة استخدامات، وشارفت أن تصبح حيويةً في مجال العديد من الصناعات المختلفة التي تتراوح بين الإلكترونيات وصناعة الحاسبات الآلية إلى المواد المدعومة في صناعة الدواء والتشخيصات، كما ستصبح أنابيب الكربون النانوية مجتمعا تجاريا رئيسيا لقدرتها على استبدال المواد الخام التقليدية. إلا أنه عند الرغبة في صنع أو بيع الأنابيب النانوية الكربونية، بغض النظر عن نوع التطبيق المستخدمة لأجله، فيجب أولاً رخصة لذلك إما من شركة (إن إي سي) أو شركة (آي بي إم).[106]

3 /3 /3 فرص العدالة الاجتماعية والحريات المدنية وتحدياتها

أُثيرت العديد من المخاوف حول عدم توزيع تكنولوجيا النانو، حيث تستحوذ الدول المتقدمة

(ومنها الولايات المتحدة الأمريكية واليابان وألمانيا وكندا وفرنسا) على مزايا تكنولوجيا النانو ومنها المزايا الفنية أو الاقتصادية،[107] هذا بالإضافة إلى معظم الأبحاث النانوية والتنمية وبراءات الاختراعات النانوية والمنتجات والسلع النانوية المختلفة. كما تتمركز معظم براءات الاختراعات المرتبطة بالتكنولوجيا النانوية في مجموعة من الشركات متعددة الجنسيات، ومنها آي بي إم= IBM وميكرون تكنولوجيز= Micron Technologies وأدفانسد ميكرو ديفزيس= Advanced Micro Devices بالإضافة إلى إنتل= Intel،[108] وقد أسفر هذا عن إثارة مخاوف حول عدم إمكانية الدول النامية من الوصول للبنية التحتية لتكنولوجيا النانو، بل والتمويل كذلك والموارد البشرية المطلوبة لتعزيز ودعم الأبحاث والتنمية النانوية، وغالبا ما يسفر هذا عن تفاقم مثل تلك الصور من عدم المساواة.

كما تهتم تكنولوجيا النانو المرتبطة ببراءات الاختراع بالزراعة وصناعات الأغذية، وتمثل البراءات محور اهتمام بعض المؤسسات على البذور والمواد الزراعية والحيوان والأساليب الزراعية الغذائية الأخرى، ومن المتوقع أن يؤدي هذا إلى زيادة تكلفة الزراعة وذلك من خلال زيادة اعتماد المُزارع على المدخلات والموارد الخام المختلفة؛ مما قد يسفر أيضا عن تهميش المزارعين الأكثر فقرا ومنهم هؤلاء الذين يعيشون في الدول النامية.[109]

كما يعاني المنتجون بالدول النامية من خسائر عملية إحلال المنتجات الطبيعية (ومنها المطاط والقطن والقهوة والشاي) بسبب التنمية النانوية، حيث تمثل تلك المنتجات الطبيعية حاصلات مهمة للتصدير بالدول النامية، هذا بالإضافة إلى أن متطلبات معيشة العديد من الفلاحين تعتمد على تلك الحاصلات، مما يؤثر عملية استبدال تلك المنتجات الطبيعية بالمنتجات النانوية الصناعية تأثيرا سلباً على اقتصاديات الدول النامية والتي اعتمدت بصورةٍ تقليدية على تصدير تلك الحاصلات.[110]

هذا وقد تم اقتراح أن تكنولوجيا النانو قد تكون فعالة فقط في التخفيف من حدة الفقر والمساعدة في التنمية "وذلك حين يتم تكييفها مع السياق الاجتماعي والثقافي والمؤسسي المحلي، وكذلك أن يتم اختيارها وتصميمها من خلال المشاركة الفعالة والتي تعد نقطة البداية للمواطنين.

الخاتمة

لقد توصلت الدراسة إلى العديد من النتائج التي من أهمها ما يلي:

(1) تكنولوجيا النانو علم يهتم بالتعامل مع المواد في مستواها الذري والجزيئي بمقياس لا يتعدى 100 نانومتر وهو علم يهتم أيضا باكتشاف ودراسة الخصائص المميزة لمواد النانو.

(2) تعود البداية الحقيقة لعلم النانو عام 1959م على يد العالم الأمريكي الفيزيائي المشهور ريتشارد فيمان، كما تمكن العالم الفيزيائي العربي منير نايفه عام 2000م من اكتشاف وتصنيع عائلة من حبيبات السليكون.

(3) هناك عدة أشكال للمواد النانوية والتي يمكن ترتيبها طبقا للحجم كما يلي: الأسلاك النانوية (قطرها أقل من 1 نانو متر واحد)، النقاط الكمية (أبعادها من 2: 10 نانو متر)، الأنابيب النانوية (أقل من 1 نانو متر: 100 نانو متر)، الألياف النانوية والجسيمات النانوية (قطرها أقل من 100 نانو متر)، الكرات النانوية (قطرها 500 نانو متر فأكثر).

(4) هناك تقسيمين لأدوات النانو وهي: مجاهر المجسات الماسحة والتي تمكن الباحثين من تصوير العينات الكيميائية والحيوية، وتنقسم هذه التكنولوجيا إلى قسمين رئيسيين، هما: مجهر التأثير النفقي الماسح ومجهر القوة الذرية؛ والمجاهر الإلكترونية، وتنقسم هذه المجاهر إلى قسمين رئيسيين، هما، المجاهر الإلكترونية الماسحة والمجاهر الإلكترونية النافذة، ويعتمد مبدأ هذه المجاهر على استخدام حزمة إشعاع إلكتروني عالي الطاقة بدلا من الضوء الطبيعي أو الضوء الصناعي لفحص تركيب وسلوك المادة ويتم تمرير وتسريع الإلكترونات خلال المادة.

(5) تتعدد تطبيقات تكنولوجيا النانو في مختلف المجالات، منها: التكنولوجيا والإليكترونيات في الطب والبيولوجيا والصناعات الدوائية والكشف عن الأمراض وفي الزراعة والإنتاج الغذائي وحماية البيئة وغيرها.

(6) هناك العديد من الفرص والتحديات والقضايا المتعلقة بتكنولوجيا النانو في مجال المعلومات والاتصالات، ولقد تم تقسيمها لثلاث تقسيمات أساسية والتي يندرج أسفلها (8) تقسيمات فرعية، وهي كالتالي: الفرص التكنولوجية وتحدياتها والتي تتمثل في: تخزين الذاكرة، أجهزة أشباه الموصلات الجديدة، الأجهزة البصرية الإلكترونية الجديدة، العارضات (شاشات العرض)، الحاسب الكمي؛ الفرص الاقتصادية وتحدياتها؛ الفرص الاجتماعية وتحدياتها، والتي تتمثل في: التطبيقات العسكرية، قضايا الملكية الفكرية، العدالة الاجتماعية والحريات المدنية.

لذا توصي الدراسة بما يلي:

1. محاولة مواكبة التقدم التكنولوجي، وذلك بالتوعية بتكنولوجيا النانو وأهميتها عن طريق المقررات الدراسية وورش العمل والندوات والمؤتمرات.
2. إثراء البحث العلمي الخاص بتكنولوجيا النانو وتطويره ونشر ثقافته عن طريق البعثات أو الدورات التدريبية المكثفة، والتدريب على كافة وسائلها.
3. أهمية العمل على إنشاء مجموعات علمية تكاملية بين جميع التخصصات العلمية ذات العلاقة مما يساهم في إنجاز الأهداف التي تطبق فيها هذه التقنية.
4. تشجيع الحاصلين على نتائج بحثية متميزة ذات مردود اقتصادي لتسجيل نتائجهم عالميا.

الاستشهادات المرجعية

1 - Vittorio, S. (Oct. 2001) MicroElectroMechanical Systems (MEMS).- Available at: http://www.csa.com/discoveryguides/mems/overview.php

2 - Bruus, H. (2004) Introduction To Nanotechnology.- Available at: http://web-files.ait.dtu.dk/bruus/TMF/publications/books/nnote.pdf

3 - Gommersall, L. et.al. (2007) Nanotechnology and Its Relevance to the Urologist.- European Urology, 52 : pp.368—375.- Available at: http://www.europeanurology.com/article/S0302-2838%2807%2900659-8/pdf/Nanotechnology+and+Its+Relevance+to+the+Urologist

4 - Freestone, I. et.al. (2007) The Lycurgus Cup —A Roman Nanotechnology.- Gold Bulletin, 40/4.- Available at: http://master-mc.u-strasbg.fr/IMG/pdf/lycurgus.pdf

5 - Hirst, K. Damascus Steel - Sword Makers of the Islamic Civilization: Ancient Technology and Modern Alchemy.- About.com Guide.- Available at: http://archaeology.about.com/od/ancientweapons/a/damascus_steel.htm

6 – حيث تخيل فيها مخلوقا ذريا يقف حارسا على بوابة ذرية تفصل بين وعاءين يحتويان على غاز، ويقوم بتنظيم جزئيات الغاز بواسطة منع ذرات الغاز النشطة من اجتياز البوابة والسماح للذرات الأقل نشاطا بعبورها

7 - Gupta, R. (Feb. 2010) History of Nanotechnology.- ArticlesWave.com.- Available at: http://www.articleswave.com/science-articles/history-of-nanotechnology.html

8 - Feynman, R. (1960) There's Plenty of Room at the Bottom: An Invitation to Enter a New Field of Physics.- Engineering and Science magazine, XXIII (5).- Available at: http://nanoparticles.org/pdf/Feynman.pdf

9 - Drexler, E., Peterson, C. and Pergamit, G. (1991) Unbounding the Future: the Nanotechnology Revolution.- William Morrow and Company, Inc.- Available at: http://www.foresight.org/UTF/download/unbound.pdf

10 - Uhlir, A. (1956) Electrolytic Shaping Of Germanium And Silicon.- Bell Syst. Tech. J., 35: pp. 333—347.- Available at: http://www.alcatel-lucent.com/bstj/vol35-1956/articles/bstj35-2-333.pdf

11 - Exploring Materials——Ferrofluid.- Available at: http://www.exo.net/~pauld/summer_institute/Nano%20Institute/Day4/ferrofluid%20guide.pdf

12 - Motokawa, M. (2000) Electron Spin Resonance Of Magnetic Materials In High Fields And High Frequencies.- Appl. Magn. Reson. 19, 77-91.- Available at: http://www.springerlink.com/content/1175p7146516411v/fulltext.pdf -

13 - Noble, C. and Prather, A. (2000) Real-Time Single Particle Mass Spectrometry: A Historical Review Of A Quarter Century Of The Chemical Analysis Of Aerosols.- Mass Spectrom Rev. 2000 Jul;19(4):248-74.- Available at: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10986694

14 – تصنع النقاط الكميه من مواد موصله أو شبه موصله وتكاد تكون أبعادها تساوي صفر ولها شكل بلوري. وللنقاط الكميه خصائص كهربيه مميزه تمكنها من تخزين الإلكترونات وتحويل لون الضوء حيث تعمل على امتصاص اللون الأبيض وإعادة انبعاثه خلال نانو ثانيه بلون مميز ولها تطبيقات كثيره في مجال الكمبيوتر والطب والهندسة.

15 - Boxberg, F. and Tulkki, J. Quantum Dots: Phenomenology, Photonic And Electronic Properties, Modeling And Technology.- Available at: http://spie.org/samples/PM129.pdf

16 - Nanotechnology Research Foundation. History and Future of Nanotechnology. - Available at: http://www.nanotechnologyresearchfoundation.org/nanohistory.html

17 – يقوم بالحصول على صور للذرات الموجودة علي السطح بواسطه مجس ماسح.

18 – Baird، D. And Shew، A. (2004) Probing the History of Scanning Tunneling Microscopy.– Available at: http://www.joachimschummer.net/books/discovering–the–nanoscale/baird–shew.pdf

19 – Scanning Tunneling Microscope. – Available at: http://www.umsl.edu/~fraundorfp/stm97x.html

20 – Wikipedia، the free encyclopedia. History Of Nanotechnology.– Available at: http://en.wikipedia.org/wiki/History___of___nanotechnology

21 – وهي أنابيب كربونيه أسطوانية الشكل ورقيقه جدا لدرجه النانو وتعتبر أيضا رقائق من الجرافيت ملفوفه على شكل أنبوب أسطواني وهذه الأنابيب تتميز بخصائص استثنائية الكرتونية وحرارية وميكانيكيه وتركيبيه مما يجعلها أخف من الألومنيوم وأقوي بخمسه أضعاف من الحديد الصلب . وهناك نوعان من أنابيب الكربون النانوية (أنابيب الكربون النانوية وحيده الجدار أي ذات طبقه واحده وأنابيب كربون نانوية متعددة الجدر).

22 - ZHENG, L. et.al. (Oct. 2004) Ultralong Single-Wall Carbon Nanotubes.- nature materials, 3.- Available at: http://www.lanl.gov/spd/Paper/CNT/4cmCNT.pdf

23 - Takei, K. et.al. (2011) Quantum Confinement Effects In Nanoscale-Thickness Inas Membranes.- American Chemical Society .- Available at: http://nano.eecs.berkeley.edu/publications/NanoLett_2011_InAs_QM.pdf

24 - Turek, B. (2007) Precision Measurements With The Single Electron Transistor: Noise And Backaction In The Normal And Superconducting State.- Yale University: Faculty of the Graduate School, PHD .- Available at: http://www.eng.yale.edu/rslab/papers/BenTurekThesis.pdf

25 - Donev, L. (May 2009) Carbon Nanotube Transistors: Capacitance Measurements, Localized Damage, And Use As Gold Scaffolding.- Cornell University: Faculty of the Graduate School, PHD.- Available at: http://www.lassp.cornell.edu/lassp_data/mceuen/homepage/Publications/thesis_donev.pdf

26 - Graff, G. (March 2000) Electrochemical Process Makes Silicon Nanoparticles.- Free Laboratory Network.com Newsletter.- Available at: http://www.laboratorynetwork.com/article.mvc/Electrochemical-Process-Makes-Silicon-Nanopar-0001

27 – ظاهره طبيعية لتجمع الذرات أو الجزيئات في نظم وتراكيب معقده كما هو الحال مع أنابيب الكربون النانوية.

28 - Schreiber, F. (2000) Structure And Growth Of Self-Assembling Monolayers.- Progress in Surface Science, 65 151±256.- Available at: http://tiger.chem.uw.edu.pl/staff/trzask/schreiber.pdf

29 - Interagency Working Group on Nanoscience, Engineering and Technology. (Feb. 2000) National Nanotechnology Initiative: Leading to the Next Industrial Revolution.- Committee on Technology National Science and Technology Council.- Available at: http://www.whitehouse.gov/files/documents/ostp/NSTC%20Reports/NNI2000.pdf

30 – محمد الزهراني. (2009م) تكنولوجيا النانو: مفهوم وتصورات.– متاح في: http://www.makphys.com/vb3/showthread.php

31 - Center for Responsible Nanotechnology. What is Nanotechnology?.- Available at: http://www.crnano.org/whatis.htm

32 - Korschun, H. (8 Dec. 2008) "Strained" Quantum Dots Show New Optical Properties.- Available at: http://whsc.emory.edu/home/news/releases/2008/12/quantum-dots-show-new-optical-properties.html

33 - Fullerenes: Overview, Exposure, Uptake, and Behaviour.- Available at: http://www.nanopartikel.info/cms/lang/en/Wissensbasis/Fullerene

34 - Nano Balls.- Available at: http://www.megagadgets.nl/en/nano-balls.html

35 - Bell, T. Classification, Definitions, Properties, Hazards, Risks and Toxicology of Nanoparticles and Nanotech.- Available at: http://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=1694

36 - Holister, P., Harper, T. and Vas, C. (Jan. 2003) Nanotubes: White Paper.- Available at: http://nanoparticles.org/pdf/nanotubes.pdf

37 - Hegde, R., Dahiya, A. and Kamath, M. (2005) Nanofiber Nonwovens.- Available at: http://www.engr.utk.edu/mse/Textiles/Nanofiber%20Nonwovens.htm

38 - Wikipedia, the free encyclopedia. Nanowire.- Available at: http://en.wikipedia.org/wiki/Nanowire

39 - Wikipedia, the free encyclopedia. Nanocomposite.- Available at: http://en.wikipedia.org/wiki/Nanocomposite

40 - Bottomley, L. (1998) Scanning Probe Microscopy.- Anal. Chem., 70, 425R-475R.- http://www.microimage.com.cn/uploadfile/xwjs/uploadfile/201009/20100929121433145.pdf

41 - Hu, B. Scanning Tunneling Microscopy.- Available at: http://sces.phys.utk.edu/~dagotto/condensed/HW_2007/672%20STM.pdf

42 - Atomic Force Microscopy.- Available at: http://www.nanoscience.com/education/afm.html

43 - Electron Microscopy.- Available at: http://www.unl.edu/CMRAcfem/em.htm

44 - Marshall, Ann. And Koh, A. Transmission Electron Microscope (TEM) Facility.- Available at: http://www.stanford.edu/group/snl/tem.htm

45 - Swapp, Susan. Scanning Electron Microscopy (SEM).- Geochemical Instrumentation and Analysis.- Available at: http://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/techniques/SEM.html

46 - Nanotechnology, Nanomedicine And Nanosurgery (2005).- International Journal of Surgery.- Available at: http://www.nanomedicine.com/Papers/IntlJSurgDec05.pdf

47 – هو جهاز دقيق جداً بمقياس النانو حيث تقارب أبعاده أبعاد كرية الدم البيضاء، وهو احد أجهزة النانو المستقبلية والتي تستطيع رصد واكتشاف الخلايا المصابة بالسرطان وذلك من خلال انحناء نتوءاتها الدقيقة، وأجهزة النانو كانتيلفير يمكن تصميمها هندسيا بشكل خاص يمكنها من الارتباط بالخلايا التي تشير تغيراتها إلى الإصابة بأنواع مختلفة من أمراض السرطان، وتتميز هذه الأجهزة بقدرتها الفائقة على تشخيص خلايا السرطان في مراحلها المبكرة، وذلك بدقة تصل إلى حد اكتشاف خلية سرطانية واحدة، والجدير بالذكر أن هذه الأجهزة ما زالت في مراحل تطويرها الأولى، وهي من تطبيقات تكنولوجيا النانو المتقدمة جدا والتي ما زالت في حاجة لمزيد من البحث والدراسة.- متاح في: http://en.wikipedia.org/wiki/Cantilever

48 – المركز السعودي لتكنولوجيا النانو. التطبيقات الطبية لتكنولوجيا النانو.- متاح في: http://www.saudicnt.org/index.php?tool=artcls&do=read&id=24

49 – مطهر الرميمه. (مارس 2008) النانو بيوتكس Nanobiotics.- متاح في: http://www.newsweekarticle.php?sid=57324

50 - Nanorobots.- Available at: http://searchcio-midmarket.techtarget.com/definition/nanorobot

51 - Wikipedia, the free encyclopedia. Nanonephrology.- Available at: http://en.wikipedia.org/wiki/Nanonephrology

52 - Nanomedicine.- Available at: http://xnet.rrc.mb.ca/davidb/nanomedicine.htm

53 - Press Release. (2007) American Elements Announces P-Mite™ Line Of Platinum Nanoparticles For Catalyst Applications.- Available at: http://www.americanelements.com/news_10_03_07.htm

54 - Kalaugher, L. (2005) Platinum Nanoparticles Bring Spontaneous Ignition.- Available at: http://nanotechweb.org/cws/article/tech/22075

55 - LUO, J. Electrocatalytic Oxidation Of Methanol : Carbon-Supported Gold-Platinum Nanoparticle Catalysts Prepared By Two-Phase Protocol.- Available at: http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=16694399

56 - Hillie' T. and Hlophe' M. (2007) Nanotechnology And The Challenge Of Clean Water.- Nature Nanotechnology, 2:pp. 663 — 664.- Available at: http://www.nature.com/nnano/journal/v2/n11/full/nnano.2007.350.html

57 - Sutherland, K. (2009) What Is Nanofiltration?.- Available at: http://www.filtsep.com/view/717/what-is-nanofiltration/

58 - Hillie' T. and Hlophe' M. (2007) op.cit.

59 - The A to Z of Nanotechnology. (2007) Energy Savings and the Reduction Of Energy Consumption Using Nanotechnology.- Available at: http://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=1909

60 - Nanotechnology Making Solar Energy More Affordable.- Available at: http://www.azonano.com/news.aspx?newsID=6922

61 - Rafael. (2008) Nanotechnology Applications In The Energy Sector.- Available at: http://www.brighthub.com/engineering/electrical/articles/16909.aspx

62 - Stober, D. (2007) Nanowire Battery Can Hold 10 Times The Charge Of Existing Lithium-Ion Battery.- Available at: http://news.stanford.edu/news/2008/january9/nanowire-010908.html

63 - David, L. (22 Dec. 2004) Nanotechnology: Scientists Pin Big Hopes on a Small Scale .- Available at: http://www.space.com/612-nanotechnology-scientists-pin-big-hopes-small-scale.html

64 - Meyyappan, M. (2005) Nanotechnology in Aerospace Applications.- In Nanotechnology Aerospace Applications (pp. 6-1 — 6-2). Educational Notes RTO-EN-AVT-129, Paper 6. Neuilly-sur-Seine, France: RTO.- Available at: http://ftp.rta.nato.int/public//PubFullText/RTO/EN/RTO-EN-AVT-129///EN-AVT-129-06.pdf

65 - Mann, S. (31 Oct. 2006) Nanotechnology and Construction.- Nanoforum.org European Nanotechnology Gateway. ..- Available at: http://www.nanoforum.org/dateien/temp/Nanotech%20and%20Construction%20Nanoforum%20report.pdf?08112010050156

66 - Kung , H. and Kung, M. (Nov. 2004) Nanotechnology: Applications And Potentials For Heterogeneous Catalysis.- Catalysis Today, 97 (4, 3) pp. 219—224.- Available at: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920586104004262

67 - Nanotechnology in Cars: Drive of the Future.- Available at: http://nanogloss.com/nanotechnology/nanotechnology-in-cars/#axzz1rNeCPWmZ

68 - Nanotechnology and food.- Available at: http://files.nanobio-raise.org/Downloads/Nanotechnology-and-Food-fullweb.pdf

69 - Project on Emerging Nanotechnologies. (2009) Canola Active Oil.- Available at: http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/browse/products/canola_active_oil/

70 - Nanotechnology — The New Threat To Food.- Available at: http://nano.foe.org.au/node/198

71 - Nano Household.- Available at: http://www.pttp.co.uk/nanotechnology/nanotechnology-household.php

72 - WIKI books (2010) Nanotechnology/Nano-optics.- Available at: http://en.wikibooks.org/wiki/Nanotechnology/Nano-optics

73 - Schrijver, I. et.al. (2009) Nanotechnology In Textile Applications: Research @ Centexbel.- Available at: http://www.czech-in.org/enf2009/ppt/C1_Laperre_Y.pdf

74 - Mu, L. and Sprando, R. (2010) Application of Nanotechnology in Cosmetics.- Pharm Res, 27: pp.1746—1749.- Available at: http://www.springerlink.com/content/p9v8111t21008t34/fulltext.pdf

75 - Nanoforum Report. (April 2006) Agriculture and Food.- Available at:.- ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nanotechnology_in_agriculture_and_food.pdf

76 - Meyers , M.; Mishra, A. and Benson, D. (May 2006) Mechanicalproperties Of Nanocrystalline Materials.- Progress in Materials Science, 51 (4):pp. 427—556.- Available at: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079642505000447

77 - Nanomaterials - Chemical Indentification and Characterization of Nanomaterials. (2009) .- Available at: http://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=2356

78 - Lue, J. (2007) Physical Properties of Nanomaterials.- Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology, Volume X: Pages (1—46).- Available at: http://www.phys.nthu.edu.tw/c_teacher/jtlue/review%20nanomaterials.pdf

79 - Tripathy, S. (2001) Optical properties of nano-silicon.- Bull. Mater. Sci., 24 (3): pp. 285—289.- Available at: http://www.ias.ac.in/matersci/bmsjun2001/285.pdf

80 - Hofmann, H. (2009) Introduction To Nanomaterials: Magnetic Properties.- Available at: http://ltp2.epfl.ch/teaching/master/introduction_nanomaterials/documents/MagneticProperties.pdf

81 - Measuring The Electrical Properties Of Nano-Crystals. (2010) .- Available at: http://www.materialstoday.com/view/13405/measuring-the-electrical-properties-of-nano-crystals/

82 - Bhattacharya, R. and Mukherjee, P. (Aug. 2008) Biologicalproperties Of "Naked" Metal Nanoparticles .- Advanced Drug Delivery Reviews, 60 (11): pp. 1289—1306.- Available at: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169409X08000975

83 - Nanotechnology In Information And Communication Technology.- Available at: http://nanoall.blogspot.com/2011/05/nanotechnology-in-information-and.html

84 - United States National Nanotechnology Initiative. Benefits and Applications.- Available at: http://www.nano.gov/you/nanotechnology-benefits

85 - YORKTOWN HEIGHTS, N.Y. (03 Nov 2005) IBM Scientists Harness ``Slow Light'' for Optical Communications.- Available at: http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/7956.wss

86 - Krauss, T. (2007) Slow Light In Photonic Crystal Waveguides.- JOURNAL OF PHYSICS D: APPLIED PHYSICS, 40: pp. 2666—2670.- Available at: http://www.st-andrews.ac.uk/~photocryst/Assets/Publications/TFK_Slow_light_JPhysD.pdf

87 - Muneeb, M., Akram, I. and Nazir, A. Non-Volatile Random Access Memory Technologies (MRAM, FeRAM, PRAM).- 2B1750 Smart Electronic Materials.- Available at: http://www.imit.kth.se/info/SSD/KMF/2B1750/2B1750_06_RAMs.pdf

88 - Tsymbal, E. and Pettifor, D.(Jul. 1999) Giant Magnetoresistance In Magnetic Metallic Multilayers.- 3rd Joint Magnetics Workshop, York, UK.- Available at: http://physics.unl.edu/~tsymbal/tsymbal_files/Presentations/JMW-1999.pdf

89 - Tunnel Magnetoresistance.- http://www.rhomap.com/knowledge-base/magneto-transport-concepts/magnetoresistance-in-metals/tunneling-magnetoresistance/

90 – (130 نانومتر عام 2003، 90 نانومتر في 2004، 65 نانومتر في 2005، و 40 نانومتر في 2007)

91 - Hawkins, C. and Segura, J. Introduction To Digital Electronics: Chapter 3- Mosfet Transistors.- Available at: http://www.scitechpub.com/hawkins/hawkins_ch_3.pdf

92 - Hsu, T. (2002) Miniaturization — A Paradigm Shift In Advanced Manufacturing And Education.- 2002 IEEE/ASME International conference on Advanced Manufacturing Technologies and Education in the 21st Century, Chia-Yi, Taiwan, Republic of China, August 10-15.- Available at: http://www.engr.sjsu.edu/trhsu/Miniaturization%20.pdf

93 - Towe , E., et.al. (August 1999) Optoelectronicdevices On Novel Index Surfaces.- Microelectronics Journal, 30 (8): pp. 783—791.- Available at: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0026269298001852

94 - Johnson, D. (2011) IBM's Millipede Project, Social Networking and How Semiconductor Technology Can Save the World.- Available at: http://spectrum.ieee.org/nanoclast/semiconductors/nanotechnology/ibms-millipede-project-social-networking-and-how-semiconductor-technology-can-save-the-world

95 - Xie, C. (2005) Can Nanotechnology Revive Field Emission Display Technology? .- Available at: http://www.nanotxstate.org/resources/texassidxie.pdf

96 - Bonsor, K. and Strickland, J. How Quantum Computers Work.- HowStuffWorks, Inc.- Available at: http://www.howstuffworks.com/quantum-computer.htm

97 - Cabello, Susana. (2009) Importance Of Nano Scratch Testing For Quality Control.- Available at: http://www.coatingspromag.com/articles/importance-of-nano-scratch-testing.aspx

98 - Global Funding Of Nanotechnologies & Its Impact. (Jul. 2011) .- Available at: http://cientifica.com/wp-content/uploads/downloads/2011/07/Global-Nanotechnology-Funding-Report-2011.pdf

99 – فتحى سيد فرج . (2010) النانو تكنولوجيا .. علم وصناعة القرن الجديد.- الحوار المتمدن، (3031).- متاح في: http://www.ahewar.org/debat/show.art.asp?aid=218765

100 - Stephen, W., Richard, J. and Alison, G. (2003) The Social and Economic Challenges of Nanotechnology.- Economic and Social Research Council.- Available at: http://nanotechweb.org/cws/article/articles/18109

101 - http://web.mit.edu/ISN/

102 - Monahan, T. and Wall, T. (2007) Somatic Surveillance: Corporeal Control through Information Networks.- Surveillance & Society 4 (3): 154-173.- Available at: http://www.surveillance-and-society.org/articles4%283%29/somatic.pdf

103 - Chris Phoenix, CRN . (2005) Military Uses of Nanotechnology.- Available at: http://crnano.typepad.com/crnblog/2005/03/military_uses_o.html

104 - Huang Z. (2003) Longitudinal Patent Analysis For Nanoscale Science And Engineering: Country, Institution And Technology Field.- Journal of Nanoparticle Research, 5 :pp. 333—363.- Available at: http://arizona.openrepository.com/arizona/bitstream/10150/105834/1/huang3.pdf

105 - Roco, M. (2003) Broader Societal Issues Of Nanotechnology.- Journal of Nanoparticle Research, 5:pp. 181—189.- Available at: http://www.springerlink.com/content/x7v2474uw5q7m4t0/fulltext.pdf

106 - Kisliuk, B. Nanotechnology-Related Issues at the United States Patent and Trademark Office.- Available at: http://www.patentlawyersclub.com/Kisliuk_Nano_032106.ppt

107 - Invernizzi, N, Foladori, G. and Maclurcan, D. (2008) Nanotechnology's Controversial Role for the South.- Science Technology and Society, 13 (1): 123—148.- Available at: http://sts.sagepub.com/content/13/1/123.abstract

108 - ETC Group Report. (2005) Nanotech's "Second Nature" Patents: Implications for the Global South.- Available at: http://www.etcgroup.org/upload/publication/54/02/com8788specialpnanomar-jun05eng.pdf

109 - Scrinis, G. And Lyons, Kristen. The Emerging Nano-Corporate Paradigm: Nanotechnology And The Transformation Of

Nature, Food And Agri-Food Systems.- International Journal Of Sociology Of Food And Agriculture, 15 (2).- Available at: http://www.ijsaf.org/archive/15/2/scrinis_lyons.pdf

110 - Invernizzi, N, Foladori, G. and Maclurcan, D. (2008) op.cit.

Nano Technology in Information and Communication: Opportunities and challenges

Rehab Fayz Ahmed Sayed, Ph. D.
Beny Swaif University
rehab_ysf@yahoo.com

Abstract: Nanotechnology is an enormous scientific revolution, not less than the industrial revolution, which transferred humans to the era of machinery or technology revolution, which transferred humans to the era of space, communications, and the internet. It is also a comprehensive development in the various fields and all branches of science, what is offered by nanotechnology is the ability to make that all the human imagined, but with lower cost and higher quality. The Nanotechnology's capability will be the key scientific advances that will change the parameters of life in a way that we cannot imagine. So, all what we produced and discovered with this technology in the next few years will be the equivalent, but will exceed what has been discovered since the creation of the earth.

Nanotechnology is the fifth generation that emerged in the world of electronics, and was preceded by the first generation which include using electronic lamp and television, the second generation, which include using transistor, then the third generation of electronics, which include using circuit integration, and the fourth generation which include using microprocessors that caused a huge revolution in electronics by producing personal computers and silicon chips that have brought progress in many fields of science and industry.

So Nano means the techniques are made on a scale nano-meters. It Is a more precise unit of measurement metric known until now (nm) and a length of it is one-billionth of a meter, equivalent to ten times the unit of measurement of atomic known Balongeström, and the size of nano is smaller about 80.000 times the diameter of the hair. Nanotechnology means also the technology of micro materials or nanotechnology or micro-miniature technology.

The nanotechnology is using in many applications such as applications of nanotechnology in the world of electronics, as nanotechnology will replace the current generations of computers and electronic devices with new generations of high-speed data transfer and quality in performance and small sizes. Hewlett-Packard will also launch market chips which manufacture of nanotechnology and able to save thousands of times more information than the existing memory.

Despite all, Nanotechnology includes a negative impact in terms of social, military, intellectual property, particularly in developing countries, so the aim of this study was to study the nature of nanotechnology, its history and development, its components and applications with a focus on information and communication, and then analyze the implications for the use of nanotechnology in the field of information and communications.

View publication stats